DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER MITWIRKUNG VON

J. BARTELS E. BEDERKE H. BROCKMANN P. TEN BRUGGENCATE C. W. CORRENS H. v. FICKER R. GRAMMEL O. HAHN R. HARDER M. HARTMANN W. HEISENBERG A. KÜHN M. v. LAUE H. MARTIUS R. W. POHL H. REIN E. SCHMIDT

HERAUSGEGEBEN VON

ARNOLD EUCKEN

ORGAN DER MAX PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

36. JAHRGANG HEFT 9 (257—288) 1949

INHALT:

Nachruf für Professor Karl Bonhoeffer. Von G. Stertz 257

Über ein Regulationssystem „Milz-Leber" für den oxydativen Stoffwechsel der Körpergewebe und besonders des Herzens. (Fortsetzung und Schluß.) Von H. Rein 260

Das Problem der Indifferenz. Von H. Eidmann 268

Berichte.

Neuere Ergebnisse und Stand der Erforschung der planetarischen Nebel. Von K. Wurm 273

Kurze Originalmitteilungen.

Über eine neue Methode zur Temperaturmessung in hochtemperierten Bogensäulen. Von H. Bartels und W. Göing 279

Schallgeschwindigkeit in leichtem und schwerem Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur. Von P.-P. Heusinger 279

Quantitative Bestimmung von α-Aminosäuren in Papierchromatogrammen und Ionopherogrammen mit radioaktivem Kupfer. Von Th. Wieland, K. Schmeiser, E. Fischer und H. Maier-Leibnitz 280

Elektronenmikroskopie an Zellfortsätzen im menschlichen Zahnbein. Von G. Helwig und E. Menke 281

Die Wirkung des infraroten, sichtbaren und UV-Lichts auf den Sauerstoffverbrauch von Enchyträus albidus. Von E. H. Graul und F. Krüger 283

Besprechungen.

Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie. (Ref.: P. ten Bruggencate) 284

Krieg, H., Zwischen Anden und Atlantik. (Ref.: H. Eidmann) 285

Frankenburg, W. G., Komarewsky, V. I. and Rideal, E. K., Advances in Catalysis and related Subjects. (Ref.: A. Eucken) 286

Langenbeck, W., Die organischen Katalysatoren und ihre Beziehungen zu den Fermenten. (Ref.: E. Dietzel) 287

Staudinger, H., Makromolekulare Chemie und Biologie. (Ref.: E. Dietzel) 287

v. Bertalanffy, L., Das biologische Weltbild. (Ref.: E. Bünning) 287

Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. (Ref.: M. Steiner) 288

Ausgegeben im September 1949.

EINFÜHRUNG IN DIE PHYSIK

Von **Robert Wichard Pohl**

o. ö. Professor an der Universität Göttingen

Erster Band **Einführung in die Mechanik, Akustik und Wärmelehre**

Zehnte und elfte verbesserte und ergänzte Auflage

Mit 547 Abbildungen, darunter 8 entlehnten. VIII, 356 Seiten. 1947. DMark 21,—

Zweiter Band **Einführung in die Elektrizitätslehre**

Dreizehnte und vierzehnte Auflage

Mit 497 Abbildungen, darunter 20 entlehnten. IV, 302 Seiten. 1949. DMark 18,60

Dritter Band **Einführung in die Optik**

Siebente und achte Auflage

Mit 565 Abbildungen im Text u. auf einer Tafel, darunter 18 entlehnten. IV, 356 Seiten. 1948. DMark 21,—

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen vorerst etwa halbmonatlich und können durch jede Sortimentsbuchhandlung bezogen werden. Preis für 12 Hefte mit zusammen etwa 24 Druckbogen 24.— Mark, für das einzelne Heft 2.50 Mark zuzüglich Postgebühren.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachliche Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen nimmt die Anzeigenabteilung des Verlages Berlin W 35, Reichpietschufer 20 (Britischer Sektor), Fernsprecher 91 29 37 entgegen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag

Berlin-Charlottenburg 2 Jebensstraße 1 — **Göttingen** Weender Straße 60

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichungen zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind, und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten: für diese ist die Rubrik „K.O.M." („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platz- und Papiermangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne K.O.M. nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Autoren, namentlich solche, welchen die Gepflogenheiten bei Veröffentlichungen in den „Naturwissenschaften" noch nicht bekannt sind, werden gebeten, in die ausführlichere Darstellung der allgemeinen redaktionellen Richtlinien Einblick zu nehmen, welche in Heft 1 des 33. Jahrgangs abgedruckt sind. Ergänzend sei hier bemerkt, daß die Rubrik „Tagesnotizen" in Zukunft nicht fortgeführt wird, daß also Einsendungen für diese zwecklos sind.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Bürgerstraße 50.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Bei photographischen Abbildungen (Autotypien) kann das Druckergebnis auf dem heute zur Verfügung stehenden Papier nur in seltenen Fällen wirklich befriedigen. Es ist deshalb ratsam, Autotypien nach Möglichkeit zu vermeiden. In vielen Fällen läßt sich das Wesentliche durch eine Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren erhalten in jedem Fall eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung (mit einem Vermerk, ob der Beitrag druckfertig oder eine Revision erforderlich ist) erbeten wird.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen, und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Vorlesungen über Differential- u. Integralrechnung

Von Professor **R. Courant**

Erster Band Funktionen einer Veränderlichen
Zweite, verbesserte Auflage. Mit 126 Textfiguren. XIV, 410 Seiten. 1939 (Neudruck 1948). DMark 24,—

Zweiter Band Funktionen mehrerer Veränderlichen
Zweite, verbesserte Auflage. Mit 106 Textfiguren. VIII, 412 Seiten. 1931. DMark 24,—

Vorlesungen über Integral- und Differentialrechnung

Von Dr. phil. **Georg Prange** †, Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule in Hannover
Herausgegeben von Dr. phil. **Werner v. Koppenfels** †, Professor der Mathematik

Erster Band Funktionen einer reellen Veränderlichen
Mit 140 Abbildungen. XV, 436 Seiten. 1943. DMark 27,—

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

36. Jahrgang Heft 9*) 1949

Nachruf für Professor Karl Bonhoeffer.

Von Georg Stertz.

Am 1. Dezember 1948 starb der Nestor unseres Faches, Professor Karl Bonhoeffer. Er war geboren am 31. März 1868 als Sohn des späteren Landgerichtspräsidenten B. in Neresheim (Württemberg). Er besuchte das Gymnasium in Tübingen, studierte dort Medizin, bestand 1892 das Staatsexamen und promovierte im gleichen Jahr. Nach Absolvierung der Militärzeit ging er nach Breslau als Assistent des Psychiaters Wernicke und habilitierte sich dort als Privatdozent. Eine psychiatrische Klinik bestand damals in Breslau nicht, und Bonhoeffer übernahm die psychiatrische Abteilung des Gefängnisses der Stadt, wo er Gelegenheit zu einem tiefen Einblick in die Natur der antisozialen Menschengruppen, der Rechtsbrecher, Vagabunden, Prostituierten usw., bekam. In relativ frühem Alter wurde er 1903 als ord. Professor an die Universität Königsberg berufen, im gleichen Jahre nach Heidelberg als Nachfolger Kraepelins. 1904 kehrte er nach Breslau zurück an die neuerrichtete Psychiatrische und Nervenklinik, deren Leitung er übernahm. Einen Ruf an seine Heimatuniversität schlug er im Jahre 1917 aus, folgte aber kurz darauf einer Berufung nach Berlin als Nachfolger Ziehens und übernahm dort die rühmlich bekannte Psychiatrische und Nervenklinik der Charité, die er bis zu seiner Emeritierung leitete. Zwischendurch schlug er noch einmal eine Berufung an die Universität München als Nachfolger Kraepelins aus. Die Emeritierung beendete nicht seine ärztliche und seine Forschungstätigkeit, der er bis zu seinem Lebensende treu blieb. Ein Schlaganfall, dessen leichtere Vorboten er selbst erkannt hatte, unterbrach jählings seine mit reichem Erfolg gesegnete Lebensarbeit.

Nicht nur ein ursprüngliches Interesse für die seiner seelischen Struktur vielleicht besonders angemessene psychiatrische Wissenschaft, sondern auch die Atmosphäre, in die das anfängliche Streben in diesem Fach sich einordnete, bestimmte seine ganze wissenschaftliche Laufbahn. Diese Atmosphäre war im allgemeinen gekennzeichnet durch die lebhafte, in jeder Beziehung verheißungsvolle Entwicklungsphase, in der sich damals (um die Jahrhundertwende) die psychiatrische und neurologische Wissenschaft befand. Das ganze Milieu der medizinischen Fakultät der Universität Breslau war ein hervorragendes. Es wirkten dort Männer wie Mikulicz, Kast, Albert Neisser, Hasse und im neurologisch-psychiatrischen Kreis außer Wernicke Liepmann, Gaupp, Mann, O. Foerster, Storch. Ein neuer wichtiger Aspekt war damals geschaffen durch die Lehre Griesingers (um 1870), welcher — die historische Zeit widerspruchsvoller, zumeist naturphilosophischer somatischer und psychischer Spekulationen abschließend — die These aufstellte: Geisteskrankheiten sind Gehirnkrankheiten. Das war so gemeint, daß den psychischen Störungen sichtbare Hirnveränderungen zugrunde liegen, daß Erkrankungen des Gehirns Psychosen zur Folge hätten. Die Zukunftsaussichten dieser dogmatisch vertretenen Theorie erweiterten sich durch die Errungenschaften der Lokalisationslehre. 1870 wiesen Fritsch und Hitzig in bahnbrechenden Untersuchungen nach, daß in umschriebenen Hirngebieten, nämlich der vorderen Zentralwindung, die man daher „motorische" Hirnrinde nannte, Projektionsfelder der motorischen Funktionen repräsentiert seien, woran sich später die Entdeckung der sensorischen, der Hör- und Sehfelder schloß (Ferrier, Goltz, v. Monakow, Munk, Hartsley, Sherrington u. a.); diese Rindenfelder waren, so stellte man fest, mit der Körperperipherie durch die Prokeltionsbahnen verbunden, während die zwischen den Projektionsfeldern gelegenen großen Hirnanteile und ihre Verbindungen als Zentren seelischer Leistungen vorgestellt wurden (Flechsig). Ein weiterer und aufsehenerregender Fortschritt war es, als 1861 Broca in Paris das sogenannte „motorische Sprachzentrum" entdeckte, eine Stelle im hinteren Drittel der ersten Stirnhirnwindung, deren Zerstörung bei erhaltenem Sprachverständnis und bei Unversehrtheit der dem Sprechakt dienenden Muskeln den Patienten unfähig macht, sich sprachlich zu äußern. Nur gegen große Widerstände konnte sich diese Lehre durchsetzen. Sie fand ihre glanzvolle Fortsetzung und Krönung in Wernickes Entdekkung der „sensorischen Aphasie" im hinteren Drittel der ersten Schläfenwindung. Bei der Zerstörung dieser Stelle war — obgleich die Hörfähigkeit erhalten blieb — im allgemeinen das Sprachverständnis gestört, während der motorische Sprechakt intakt blieb. Weitere Entdeckungen schlossen sich daran, vor allem die Forschungen Liepmanns über die Apraxie 1904, eine Funktionsstörung, bei der trotz intakten Muskelapparates die Fähigkeit zu koordinierten, zweckvollen Bewegungen verlorenging. Im Umkreis der ursprünglich gefundenen Zentren konnten weitere Störungsstellen für das Lesen und Schreiben, für agnostische und asymbolische Ausfälle gefunden werden, z. B. die Seelenblindheit und Seelentaubheit. Nunmehr war ein Stadium erreicht, in dem es scheinbar nur eines weiteren Schrittes bedurfte, um die Gesamtheit der seelischen Leistungen, die schon in den Funktionen dieser Zentren zum Teil eingeschlossen schienen, auf die Hirnrinde und die Verbindungen ihrer Zentren zu projizieren. Schon Meynert baute auf diesen Forschungsergebnissen, die er selbst bereicherte, und auf der Assoziationspsychologie basierend ein System auf, in welchem die hirnphysiologischen Störungen mit den seelischen in direkte Beziehung gebracht wurden. Die Krönung solcher Bestrebungen bildete das grandiose System Wernickes, welches ebenfalls die seelischen Funktionen und Funktionsstörungen unmittelbar auf hirnphysiologische Prinzipien zurückführte (psychischer Reflexbogen, Reiz- und Sejunktionsvorgänge).

Das also war in kurzem die die Geister faszinierende zukunftsträchtige Atmosphäre, in welche Bonhoeffer eintrat. Er war lebhaft daran beteiligt, die sogenannte „klassische Aphasielehre" weiter auszubauen. Eine große Reihe Untersuchungen hat er zu diesem Lehrgebäude beigetragen, das später allerdings in seinen psychologischen Anteilen nicht un-

*) *Ausgegeben im September 1949.*

widersprochen geblieben ist. Bonhoeffer, der mit einer ausgezeichneten Beobachtungsgabe ausgerüstet war, ließ sich indessen lediglich angelegen sein, die festgestellten klinischen Störungen mit den gefundenen pathologisch-anatomischen Veränderungen in Zusammenhang zu bringen. Diese rein empirisch gefundenen Resultate konnten dauernden Wert beanspruchen. Bonhoeffer dehnte die lokalisatorischen Forschungen auch auf andere Hirngebiete aus, so auf das Kleinhirn, dessen Anteil an gewissen sprachtechnischen Koordinationsstörungen (der „skandieren" Sprache) er herausstellte. Von weittragender Bedeutung war die Feststellung des Zusammenhangs einer halbseitigen Chorea mit einem anatomischen Krankheitsherd im gleichseitigen Bindearm — nahe dem Roten Kern —, einer wichtigen Zwischenstation im „extrapyramidalen" motorischen System. Es war damit der extrapyramidale Charakter dieser Bewegungsstörung aufgezeigt, ein wichtiges Glied in der Kette der Befunde, die später ein außerhalb der motorischen Hauptbahn (der Pyramidenbahn) angeordnetes Koordinationssystem der Bewegungen umfaßte, welches anatomisch an Kleinhirn und Stammganglien gebunden war. Bonhoeffer ließ es sich angelegen sein, die so gefundenen Forschungsergebnisse — vor allem an den Geschwülsten — auch der Therapie nutzbar zu machen in enger Zusammenarbeit mit der Chirurgischen Klinik. Das Gebiet erweiterte sich, indem auch psychiatrische Symptomenkomplexe, das Delirium tremens und die Korssakowsche Geistesstörung, zwei durch chronischen Alkoholismus bedingte geistige Störungen, in Zusammenhang mit anatomischen Befunden gebracht wurden. Hierin schloß sich wohl Bonhoeffer den Intentionen seines genialen Lehrers an, doch kamen diese Forschungen nicht darauf hinaus, die psychischen Symptome direkt mit hirnpathologischen Ausfällen in Zusammenhang zu bringen, sondern nur eine allgemeinere Beziehung psychischer Erkrankungen mit anatomischen Hirnveränderungen festzustellen. Auch hier zeigte sich Bonhoeffer als reiner Empiriker. Den mit Hypothesen belasteten Forschungsrichtungen hielt er sich fern. Dieser Selbstbeschränkung ist er bis an sein Lebensende treu geblieben. Die anatomische Untersuchung der organischen Geisteskrankheiten hat später durch Nißl und Alzheimer eine Ausgestaltung erfahren, die es ermöglichte, die organischen Hirnkrankheiten — in ihrer Gesamtheit — pathologisch-anatomisch zu erkennen. Mehr und mehr zeichnete sich in der weiteren Entwicklung der Forschungen das Falsche der Einstellung ab, welche hirnphysiologische und hirnpathologische Befunde auf die speziellen seelischen Symptome übertrug. Gewiß war Griesinger recht zu geben insofern, als allen geistigen Funktionen materielle Veränderungen im Gehirn entsprechen (wie Hoche einmal gesagt hat: „Der Geist schwebt auch da nicht über den Wassern"). Aber keine sichtbare Erkrankung im Bereich des Gehirns konnte, wenn man die Dinge vorurteilslos betrachtete, unmittelbar mit psychischen Phänomenen in Zusammenhang gebracht werden, ebensowenig wie für psychische Störungen ein solches Äquivalent im Gehirn gesucht werden konnte. Falsch ist daher auch in ihrer Grundlage die noch so bestechend durchgedachte Konzeption Wernickes, der alle psychischen Phänomene, z. B. die motorischen Akinesen und Hyperkinesen, die Entstehung der Halluzinationen, der überwertigen Ideen usw., auf Unterbrechungen von Zentren und Bahnen zurückführen zu können glaubte. Letzten Endes basierte alles dies auf unbeweisbaren Hypothesen und trug solchen Systemen die Kennzeichnung als „Hirnmythologie" ein. Es mag für einen jungen Schüler des überragenden Mannes nicht leicht gewesen sein, angesichts der Anschaulichkeit und Folgerichtigkeit sich einem solchen Denksystem ganz zu entziehen. Hier fest zu bleiben und sich vom Wege des Lehrers zu trennen, setzte die unerschütterlich stabile, andersgeartete seelische Struktur Bonhoeffers voraus. Die ausgezeichneten psychopathologischen Analysen Wernickes, die zum großen Teil einen dauernden Wert behielten, verfehlten aber nicht ihre anregende Wirkung. Sie drückt sich in der klassischen Beschreibung des Alkoholdeliriums, der Korssakowschen Gedächtnisstörungen, der Einflüsse von Bewußtseinsschwankungen auf die psychotischen Phänomene dieser Krankheiten aus. Das fruchtbare Prinzip der vergleichenden Betrachtung bei den bei Vergiftungen und Infektionen vorkommenden Psychosen führte Bonhoeffer zur Aufstellung der alle diese geistigen Störungen umfassenden sogenannten „exogenen" Symptomenkomplexe, die er auf Grund der Beobachtungen in verschiedene Unterformen gliederte. Mit diesem Begriff sollte ausgesagt sein, daß alle die genannten, das Gehirn von außen angreifenden Krankheitsursachen trotz ihrer scheinbar so weitgehenden Verschiedenheit die gleichen Symptomenbilder hervorrufen. Den „exogenen" Komplexen standen — eine wichtige psychopathologische Unterscheidung — die „endogenen" gegenüber. Bei der Konzeption der exogenen Syndrome schien allerdings das geläufige Prinzip: gleiche Ursachen erzeugen gleiche Wirkungen, verletzt zu sein. Mit Wernicke, welcher bei seinen hirnpathologischen Konstruktionen auf die speziellen Ursachen keinen Wert legte, stimmte Bonhoeffer hierin überein, aber mit Kraepelin setzte er sich in einen gewissen Widerspruch, der wiederum das Ursache-Wirkung-Prinzip vertrat. Indessen die empirische Erfahrung setzte sich durch, und der „exogene Symptomenkomplex", der vor allem in dem Buch über die symptomatischen Psychosen seinen Ausdruck fand, ist Allgemeingut der psychiatrischen Forschung geworden, berufen, auf dem Gebiet der organischen Psychosen in ihrer Gesamtheit zu weiteren Erkenntnissen zu führen.

Die Tendenz Bonhoeffers, aus vergleichender Betrachtung grundsätzliche Erkenntnisse abzuleiten, ist auch in einer bekannten Arbeit auf anderem Gebiet wirksam, die den Titel trägt: „Inwieweit kommen psychogene Krankheitszustände vor, die nicht der Hysterie zuzurechnen sind?" Auf diesem Gebiet hatte sich seit den grundsätzlichen Forschungen der französischen Schule (Charcot, Janet, Bernheim u. a.) eine gewisse Begriffsverwirrung eingestellt. Allgemein anerkannt war, daß hysterische Störungen psychogen seien, nicht aber konnte der umgekehrte Satz Geltung haben. Bonhoeffer entwickelte ein Kennzeichen der speziell hysterischen Natur des psychogenen Geschehens, nämlich den in den pathogenetischen Zusammenhang eingehenden Wunschfaktor. Das Auftreten eindrucksvoller psychogener Manifestationen bei Kriegsteilnehmern in der Heimat im Gegensatz zu dem Verhalten der Kriegsgefangenen in den Gefangenenlagern bildete für diesen Zusammenhang ein Beispiel, nicht weniger die „Unfallneurose", die in gewissen Zeiten eine große soziale Bedeutung erlangt hat. An dem Vergleich der Schreckwirkungen, die einerseits den wohl zu charakterisierenden „vasomotorischen Symptomenkomplex" hervorriefen, andererseits Dämmerzustände oder andere psychogene, hysterisch zu wertende Reaktionen, erörterte er in einer Diskussion mit Kleist den Unterschied des Psychogenen und des Hysterischen sehr anschaulich. Der vasomotorische Komplex ist eine körperliche Reaktion, bestehend in Kopfschmerzen, Schwindel, Bewußtseinsstörung,

während die genannten hysterischen Reaktionen gerade dann in Erscheinung treten, wenn pathogenetisch ein Wunschfaktor plausibel ist.

Mit den Kriegseinwirkungen hat sich Bonhoeffer vielfach beschäftigt und gewisse Unterschiede in den Manifestationen mancher pathogener Einwirkungen bei Kriegsteilnehmern und der Zivilbevölkerung festgestellt, aber auch die Anschauung erhärtet, daß die „endogenen", d. h. die der Veranlagung entspringenden Psychosen durch Kriegseinflüsse noch so drastischer Art in ihrem Auftreten nicht beeinflußt werden können. Anders amentiaartige Psychosen, die aus Hunger, Entbehrungen und Schlafentziehung entstehen.

Ein großes Interesse hat Bonhoeffer für soziale Auswirkungen psychotischer Reaktionen bekundet. Im Beginn seiner Tätigkeit, als er in Breslau in der Irrenabteilung des Gefängnisses tätig war, wurde seine Aufmerksamkeit auf Geistesstörungen gelenkt, die im Gefängnisbereich vorkamen. Er entwickelte daselbst seine Anschauungen über die sogenannten „Degenerationspsychosen". Es galt dabei zu unterscheiden zwischen geistigen Störungen, welche schicksalsmäßig aus der gegebenen Veranlagung heraus bei Gefangenen entstehen, und solchen, welche als Haftfolge aufzufassen sind. Trotz weitgehender Ähnlichkeit der Symptomenbilder konnte die sorgfältige Beobachtung doch zu Unterscheidungsmerkmalen führen, welche den Begriff der Degenerationspsychosen rechtfertigen. Mit dem Begriff der „Labilität des Persönlichkeitsbewußtseins", das dem Patienten gewissermaßen ein Spiel in verschiedenen Rollen gestattet, hat er für diesen Bereich der psychischen Störungen ein eindrucksvolles Merkmal gegeben.

Für die forensische Psychiatrie, für welche Bonhoeffer eine Anzahl Beiträge lieferte, waren diese Erkenntnisse von Wichtigkeit. In sozialer Beziehung wichtig war auch der Beitrag zum Begriff des sogenannten „sozialen Schwachsinns". Er kommt zustande bei Kindern, welche aus äußeren Gründen — schlechte Erziehung und Ernährung, unzureichender Schulbesuch, kurz unter dem Einfluß der Verwahrlosung — am Ende Grade von intellektueller und moralischer Unzulänglichkeit darbieten können, welche trotz an sich guter Anlagen einen Schwachsinn vortäuschen können. Unter den gegenwärtigen Verhältnissen, der Entwurzelung großer Anteile der deutschen Bevölkerung, können derartige Probleme wieder bedeutungsvoll werden.

Auch geschichtliche Studien fesselten ihn. Je größer seine Erfahrung anwuchs, desto mehr Aufschlußreiches konnte er zum Vergleich vergangener und gegenwärtiger Epochen psychiatrischer Anschauungen und therapeutischer Bemühungen aussagen. Es ist interessant, wie gleiche Bestrebungen eine Wiederkehr in veränderter Form zeigen.

Somit nahm Bonhoeffer Stellung zu allen möglichen Bereichen, in welche psychiatrisches Wissen ausstrahlt, und wußte dabei immer etwas Gültiges und Wichtiges zu sagen. Er wurde nicht nur der Nestor seinem Alter nach, sondern auch ein unbestechlicher Mentor in vielen psychiatrischen Fragen der Gegenwart.

Interessant ist in der Betrachtung seines Lebenswerkes die Beschränkung, die er sich aus Selbsterkenntnis und aus Bescheidenheit auferlegte. Wir finden in dem außerordentlich umfangreichen Schrifttum (es handelt sich um 162 Veröffentlichungen) keine Arbeiten, die sich mit solchen Problemen befassen, in denen, wie schon oben bemerkt, Hypothesen eine entscheidende Rolle spielen, so z. B. im Gebiet der endogenen Psychosen oder auch in dem verwickelten Gebiet der verschiedenartigen psychotherapeutischen Bestrebungen, die allmählich heranwuchsen. Er hat sich auch nicht zu einer Gesamtdarstellung der Psychiatrie und Neurologie entschließen können, soviel man sich angesichts seiner ungewöhnlich großen Erfahrung davon hätte versprechen können. Auf dem Gebiet der Psychotherapie und der Tiefenpsychologie, deren Bedeutung er wohl erkannte, griff er nicht in die so beliebte abschätzende Kritik ein, die mehrorts gang und gäbe war. Mir ist nicht bekannt, daß er sich z. B. in diesem Sinne mit dem Werke Freuds, der wie Wernicke ein Schüler Meynerts war, beschäftigt hätte; ich glaube vielmehr, daß es seiner Toleranz lag, den bedeutenden Mann in ihm zu achten.

An seiner Klinik herrschte volle Forschungsfreiheit, auf welchem Gebiet auch immer die Arbeitsrichtungen sich abspielten. Er lächelte vielleicht zu einer verstiegenen Hypothese seiner Mitarbeiter, aber er tolerierte auch das, wo ernsthafte Arbeit dahinterstand. Man kann nicht sagen, daß er mit Bedacht „Schüler" heranzog. Die wissenschaftliche Atmosphäre seiner Klinik förderte jedwede Arbeitsrichtung. Bescheidenheit und Toleranz, von der schon die Rede war, und eine eigenartig gewinnende Art, mit den Kranken umzugehen, die auch in den Vorlesungen beispielhaft zutage trat, prägten auch die wissenschaftlichen Persönlichkeiten seiner Mitarbeiter. Die ungewöhnlichen akademischen Erfolge, die ihm zuteil wurden, änderten nichts an der geschilderten Eigenart, die Jaspers treffend mit den Worten ausdrückt: „Durch seine Arbeiten geht ein Hauch von Bescheidung vor den ungeheueren Rätseln (seines Faches)."

Bonhoeffer machte sich wenig aus von außen kommenden Ehrungen. Sein Haus — damals in Breslau —, in welchem in selten harmonischer Ehe mit seiner Frau, der Tochter eines Kirchenhistorikers, eine blühende Kinderschar heranwuchs, umschloß wohl in Wahrheit das Glück seines Lebens. In seinem Landsitz im Harz huldigte er neben stiller Forschungsarbeit besonders gern der Pflege des Gartens und freute sich an der Natur. Seine harmonisch angelegte, wohl temperamentvolle, aber zutiefst disziplinierte Natur zeigte sich auch den schwersten Erschütterungen gewachsen, als zwei hochbegabte Söhne und zwei Schwiegersöhne ihre aufrechte Gesinnung mit dem Tod durch die Schergen des Naziregimes bezahlen mußten. Er fuhr in seiner segensreichen ärztlichen und forschenden Arbeit fort. Es war ihm noch beschieden, im großen Familienkreis den 80. Geburtstag und die goldene Hochzeit zu feiern, und endlich nahm er bis zuletzt teil an den Schicksalen seiner früheren Mitarbeiter, die das Glück hatten, ein ganzes Leben lang im Briefwechsel mit ihm zu bleiben.

Wir sind überzeugt, daß das wahr ist, was die Todesanzeige über sein Erdendasein besagt: trotz schweren Leids ein glückliches Leben.

Eingegangen am 30. Mai 1949.

Über ein Regulationssystem „Milz-Leber" für den oxydativen Stoffwechsel der Körpergewebe und besonders des Herzens.

Von H. Rein, Göttingen.

(Fortsetzung und Schluß.)

3. Die Milz als Vororgan der Leber bei Erfüllung von Regulationsaufgaben zur Überwindung allgemeinen oder lokalisierten O_2-Mangels.

E. Bücherl und H. Rein.

Versuche, eine Umschaltung der Leber von ihren „Ingestivfunktionen" auf die „Regulationsfunktion für den oxydativen Stoffwechsel" ohne allgemeinen O_2-Mangel des Organismus zu erreichen, schienen deshalb wichtig, weil unter physiologischen Lebensbedingungen mit Ausnahme des Embryonaldaseins allgemeiner O_2-Mangel von Dauer kaum vorkommt, recht häufig aber *lokaler* O_2-Mangel in Organen und Geweben nicht nur behoben, sondern unter Umständen für einige Zeit schadlos durchgehalten werden muß. Bei unseren Experimenten über die Frage der Regulierung der peripheren Blutverteilung haben wir z. B. sehr eindringlich vor Augen geführt bekommen, daß ohne Eintritt hypoxybiotischer Störungen mitunter weite Gewebsgebiete zugunsten anderer auf Blut verzichten müssen (kollaterale Vasokonstriktionen, W. R. Hess). Es können aber auch bei Beginn einer schweren Muskelarbeit die arbeitenden Muskeln oder sogar das Herz selbst in vorübergehenden O_2-Mangel geraten, ohne daß etwa das arterielle Blut weniger gut mit O_2 gesättigt wäre. Auch hier muß, bis zur vollen Anpassung von Kreislauf und Lungenatmung, eine Phase hypoxybiotischen Energiestoffwechsels schadlos möglich gemacht werden. Daß die Leber hierbei im Spiele ist, schien uns möglich. O_2-Mangel im arteriellen Blut scheidet in solchen Fällen als auslösendes Moment für die Funktionsumstellung der Leber aus. Es könnten nur

a) nervös reflektorischer Anstoß,
b) Wirkstoffe,
c) Stoffwechselendprodukte einer Hypoxybiose, die auf dem Blutwege herangeführt werden, in Frage kommen.

ad a) Die Entnervung des Leberhilus erbrachte ebenso wie elektrische Reizversuche an den zentrifugalen Stümpfen der Leberhilusnerven keinerlei Anhaltspunkte. Wir fanden dort nur vasokonstriktorische Fasern für das Gebiet der A. hepatica sowie aus der Leber austretende Fasern, welche offensichtlich das Wurzelgebiet der Pfortader, also vor allem die Darmdurchblutung regeln. Diese letztere Tatsache, daß die Leber bestimmend auf die Darmdurchblutung einwirkt, ist unseres Wissens bisher noch nicht beschrieben worden.

ad b) Wenn die Umstellung nicht nervös-reflektorisch zustande kommt, kann man an Wirkstoffe aus dem Einstromgebiet des Leberkreislaufes denken. Über den Weg der Pfortader könnten Acetylcholin und Histamin in Frage kommen. Beide erweitern, in die Pfortader eingebracht, wie oben erwähnt, in der Tat spezifisch die A. hepatica, oft ohne, mitunter sogar mit Drosselung der Pfortader. Aber auf die Erträglichkeit eines O_2-Mangels hat die Reaktion keinen Einfluß. Es ist durchaus möglich, daß die beobachtete Drosselung des Pfortader-Quellgebietes eine Folge unseres „Hepaticareflexes" ist. Über die A. hepatica könnte Adrenalin von Einfluß sein. Die Versuche ergaben, daß physiologische Dosen dieses Hormones, über die Pfortader gegeben, meistens ohne jede Wirkung bleiben. Bei Gaben von Adrenalin über den peripheren Kreislauf aber war der Befund sehr merkwürdig: Mit einer Latenzzeit von 20 bis 40 Sekunden kann eine Umschaltung der Leberdurchblutung erfolgen, die offensichtlich, wenn sie eintritt, auch den O_2-Mangel im Kreislauf erträglicher macht, sofern nicht bereits Blutdruckabfall und Versagen der Herztätigkeit zu weit vorgeschritten sind. Wir gewannen den Eindruck, daß hier nicht eine direkte Einwirkung des Adrenalins, sondern ein Sekundäreffekt entscheidend ist. Da uns aus früheren Arbeiten unseres Institutes die außerordentliche Empfindlichkeit der Milz gegen Adrenalin bekannt war (J. Antal und R. Schleinzer (11), O. Mertens (12)), lag im Hinblick auf die Länge der Latenzzeit nahe, an die Abgabe eines auslösenden Stoffes durch die Milz an die Leber zu denken. Dieser allerdings konnte nach dem oben Gesagten weder Acetylcholin, noch Histamin, noch Adrenalin sein. Noradrenalin und ähnliche Stoffe haben wir nicht untersucht.

ad c) Bei Stoffwechselprodukten einer Hypoxybiose denkt man in erster Linie an Milchsäure. Muß man doch nach K. Kramer beim Auftreten von Milchsäure während Muskelarbeit stets an eine lokale Hypoxybiose im Muskel denken. Die Verabfolgung von Laktat zeigte in unseren Versuchen erstaunliche Reaktionen. Sowohl von einer peripheren Vene aus, wie von den Ästen der Pfortader aus erbrachten Laktatgaben, die vorübergehend den physiologischen Laktatgehalt des Blutes um etwa 50% hoben, die Umstellung der Leberdurchblutung zugunsten der A. hepatica. Die Umstellung erfolgte rascher und deutlicher über die peripheren Gefäße als über das Pfortadergebiet. In mäßigem O_2-Mangel stieg dabei langdauernd der arterielle Blutdruck unter Zunahme der Druckamplitude und Herzfrequenz an. Nach Ausschaltung der Leber aus dem Kreislauf ist dieser Laktateffekt nicht vorhanden. Da auch nach Adrenalingaben der Laktatgehalt des Blutes ansteigt, wäre natürlich nicht ausgeschlossen, daß die oben geschilderte Adrenalinwirkung über den peripheren Kreislauf letzten Endes etwas mit dem Laktateffekt zu tun haben könnte.

Trotz dieses wichtigen Hinweises auf Laktat und möglicherweise noch andere hypoxybiotische Stoffwechselprodukte als Auslösestoffe für die Umstellung der Leberfunktion griffen wir zunächst die Möglichkeit auf, daß die *Milz* als eine Art Vororgan der Leber eingeschaltet sein könnte.

Trotz der Klarstellung der „Blutspeicherfunktion" der Milz (J. Barcroft) (13) und der Annahme, daß sie der physiologische Abbauort für „alternde" Erythrozyten sei, daß sie — vielleicht in diesem letzten Zusammenhange — etwas mit dem Eisenstoffwechsel und möglicherweise mit Immunisierungsvorgängen und dem Reticuloendothel zu tun habe, ist die Milz eines der physiologisch wie auch anatomisch undurchsichtigen Organe geblieben. Von der Chirurgie wird sie manchmal als „lebensunwichtig" bezeichnet. Ab und zu wurde erörtert, daß sie in den oxydativen Stoffwechsel hemmend einzugreifen vermöchte. Sogar für das „Krebsproblem" wurde sie in Anspruch genommen. Die Ungewißheit der Milzphysiologie wurde

von E. von Skramlik 1927 (14) in einer guten Übersicht dargelegt. Daß selbst die scheinbar weitgehend geklärte „Kreislauffunktion" der Milz noch viel Undurchsichtiges enthält, zeigte 1935 O. Mertens (12).

Wenn man unter Kontrolle der Durchblutung von Pfortader und A. hepatica, nach schonender Anlegung versenkbarer Reizelektroden, einen Wechselstromreiz (Sinusform) von etwa 40 bis 60 Hz. auf einen der vielen Äste der Milzhilusnerven setzt, dann stellt sich mit einer Latenzzeit, die unabhängig von der Reizstärke ist und bis zu 20 Sekunden beträgt, die

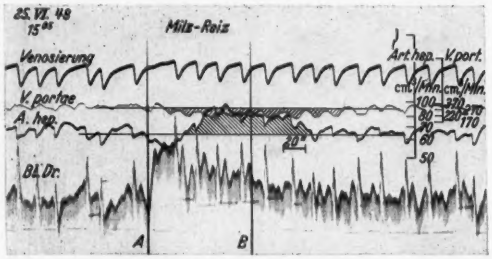


Fig. 10. Wirkung der elektrischen Reizung (Sinusförmiger Wechselstrom von 40 Hz.) eines undurchschnittenen Milznervenastes auf die Durchblutung der Leber. Nach einer initialen kurzen Vasokonstriktion der A. hepatica Mehrdurchblutung dieser bei gleichzeitiger Drosselung der Pfortader. Der Blutdruck zeigt nur einen kurzdauernden Anstieg, während der Reizung (Mitreizung zentripetaler Fasern). Kein langdauernder Nacheffekt.

oben beschriebene Umschaltung der Leber ein. Auffallend ist dabei die Abhängigkeit der Reaktion von der Beatmung des Tieres. Mitunter findet sich in der Leberarterie eine initiale Vasokonstriktion, die dann von der Mehrdurchblutung abgelöst wird.

Irgendeine Dauerwirkung auf den Blutdruck bzw. auf den Kreislauf oder die Lungenventilation erfolgt aber nicht, solange das Versuchstier gut beatmet ist (für die Lungenbelüftung s. auch Fig. 12b). Sobald

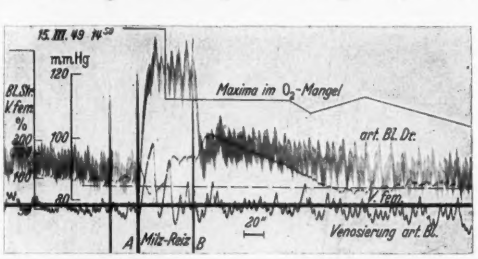


Fig. 11a. Wirkung der elektrischen Reizung eines undurchschnittenen Milznervenastes von A—B, der etwa $^1/_3$ der Milz innerviert, auf den art. Blutdruck und die periphere Durchblutung (Vena femoralis). Die Venosierung des art. Blutes ist photoelektrisch mitgeschrieben. Eingezeichnet: Lage der Maxima des art. Druckes beim gleichen Tier, 10 Minuten später, bei O_2-Mangelatmung durch einen Milznervenreiz gleicher Stärke, aber nur halber Dauer veranlaßt (s. Fig. 11b).

die Arterialisierung schlecht ist oder gar ausgesprochener O_2-Mangel besteht, ändert sich die Sachlage. Das zeigen die Fig. 11a und 11b.

Die elektrische Reizung des aus später besprochenen Gründen undurchschnittenen Milznervenastes, der nur etwa $^1/_3$ der Milz versorgt (Schwanzteil), ergibt zunächst während der Reizung selbst Blutdruckanstieg durch Erregung zentripetaler Fasern über periphere Vasokonstriktionen, wie die plötzliche Abnahme der Femoralis-Durchblutung erkennen läßt. Gleichzeitig treten, ebenfalls über zentripetale Fasern, Atemschwankungen auf, die zu starken Wellen der Venosierungskurve führen. Wichtig ist das Verhalten von Blutdruck und Durchblutung der Kreislaufperipherie unmittelbar nach dem Reiz. Eine langsam sich entwickelnde, mäßige Drucksteigerung, die nach $2^1/_2$ Minuten schon wieder völlig abgeklungen ist, mit einem starken Durchblutungsanstieg, der dann rascher abklingt als die Drucksteigerung, mag vielleicht der Ausdruck für eine gewisse Blutentspeicherung aus dem betroffenen Drittel der Milz sein. Vergleicht man mit diesem Geschehen den 19 Minuten später am gleichen Versuchstier ausgeführten Versuch der Fig. 11b, dann ergibt sich folgendes: Mit dem Beginn einer O_2-Mangelbeatmung steigt der arterielle Blutdruck an durch Einengung der peripheren Gefäße (Abwärtsgang der Durchblutungskurve der V. femolar.) und reflektorische Entspeicherung von Blut auch aus der Milz. Wie oben gesagt, ist der Milznerv

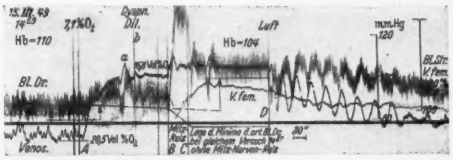


Fig. 11b. Fortführung des Versuches 11a (Text) von A—D Beatmung des Tieres mit O_2-Mangelgemisch (7,1% O_2 in N_2). Bei a spontaner kurzer Atemstillstand. Bei b plötzlicher Beginn starker Mehratmung (beachte die Atemzacken des Blutdruckes) und langsames Absinken des Blutdruckes bei Mehrdurchblutung der Körperperipherie (V. femoralis). B—C elektrische Milznervenreiz ung wie in Fig. 11a mit Blutdruckeffekt durch afferente Fasern. Nach Reiz-Ende dauernde Verlagerung des Blutdruckes auf höheres Niveau mit langsam einsetzender Tonisierung der peripheren Gefäße bei verlangsamter Atmung (beachte Blutdruckzacken) und stärkerer Venosierung des arteriellen Blutes, die langsam weiter ansteigt. Nach Übergang auf Luftatmung wird der Blutdruck gut gehalten. Der Hämoglobingehalt (Hb) vor und nach Milznervenreizung ist eingetragen. Eingezeichnet der Gang der Blutdruck-Minima bei Durchführung des gleichen Versuches, 32 Minuten vorher, aber ohne Milznervenreizung (s. Text).

undurchschnitten. Nach Untersuchung von Antal und Schleinzer (15) erreicht die Milzentspeicherung unter den hier gewählten Bedingungen der reinen O_2-Mangelatmung gleichen Ausmaßes bereits nach 2 Minuten ihr Maximum. Nach 85 Sekunden setzt trotzdem unter plötzlicher Erweiterung der peripheren Blutgefäße des Körpers (hier V. femor.) eine heftige Ventilationssteigerung der Lunge ein und der Blutdruck fällt langsam. Die Pulszahl ist von 133 auf 154 pro Minute gestiegen. Ein 30 Minuten vorher durchgeführter Versuch ergab, daß bei ungestörtem Fortgang der Dinge der Blutdruck zunächst schnell, dann langsam noch weiter absinken würde. Die hierbei beobachtete Lage der Minima der Blutdruckkurve ist in die Figur eingezeichnet. Setzt man jedoch, wie im Versuch der Fig. 11b, im Beginn dieses Kreislaufversagens einen Milznervenreiz, so wird der weitere Gang der Ereignisse vollständig verändert. Der Reiz dauert hier nur halb so lange wie in Fig. 11a und trifft nur etwa $^1/_3$ der bereits reflektorisch entspeicherten Milz! Die während der Reizung über zentripetale Fasern entstehende jähe Drucksteigerung ist für unsere Probleme bedeutungslos. Wichtig aber ist, daß sich nach Ende des Reizes eine beträchtliche, unter Pulsverlangsamung (von 155 auf 133 Pulse pro Minute) dauernd festgehaltene Blutdrucksteigerung einstellt, sogar unter vorübergehender Steigerung der Körperdurchblutung. Nach Beendigung der O_2-Mangelatmung erfolgt kein plötzliches Absinken des Blutdruckes und der Durchblutung, sondern bis zu 9 Minuten nach Ende des Milznervenreizes liegen Blutdruck und Körperdurchblutung noch auf erhöhten Werten. *Im O_2-Mangel führt also die kurzdauernde elektrische Reizung eines Milznervenastes, der nur (in unserm gezeigten Beispiel) $^1/_3$ der Milz inner-*

vierl, zu einer unverkennbaren Resistenzsteigerung des Kreislaufes gegen O_2-Mangel, welche den Reiz um etwa 9 Minuten überdauert. Dieser Vorgang ist mit einer Blutentspeicherung nicht zu erklären. Die Entspeicherung wird ja durch den O_2-Mangel selbst reflektorisch bereits vorweggenommen. Ferner haben wir festgestellt, daß ein kräftiger Milznervenreiz auf die gesamte Milz, der eine maximale Entspeicherung auslöst, unmittelbar *vor* einem O_2-Mangelversuch verabfolgt, das Kreislaufversagen nicht aufzuhalten vermag. Eine Veränderung des Hämoglobingehaltes

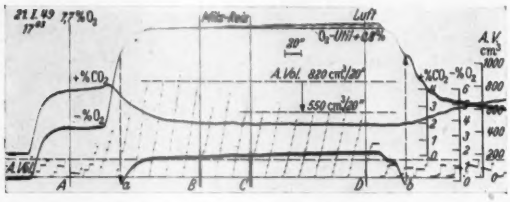


Fig. 12a. Beeinflussung des Lungengaswechsels durch elektrische Reizung eines Milznervenastes (B—C) während der Beatmung des Versuchstieres mit einem Gemisch von 7,7% O_2 in N_2. A. Vol. = Atemvolumkurve. Jede Stufe ist ein Atemzug. Alle 20 Sekunden wird automatisch die Registrierung auf Null zurückgeschaltet, Eichung rechts. — % O_2 = die automatisch gasanalytisch registrierte Kurve der O_2-Verarmung der ausgeatmeten Luft im Vergleich zur Frischluft (Frischluftanalyse = Nulllinie). Um zu verhüten, daß bei Atmung von O_2-Mangelgemischen diese Kurve oben die Registrierfläche überschreitet, ist mit einem doppelten Lichtstrahl registriert, der bei a von unten in die Registrierfläche eintritt und sie bei b wieder verläßt (s. das Gleiche bei späteren Figuren) (s. Text).

im kreisenden Blut ist nicht für die langdauernde Stabilisierung des Kreislaufes verantwortlich zu machen. *Es handelt sich um eine einschneidende Umstellung im Gebiete des oxydativen Stoffwechsels, welche eingeleitet wird mit der Umstellung der Leber, wie sie oben beschrieben und in Fig. 10 dargestellt wurde.* Klar erkennbar wird diese letztere aus der Beobachtung von Lungenbelüftung und Gaswechsel zugleich mit den wichtigsten Kreislaufgrößen.

Die Fig. 12a gibt einen Versuch wieder, der die Beeinflussung des Ganges von Atemvolumen und Zusammensetzung bzw. Utilisation der Ausatmungsluft im akuten O_2-Mangel erkennen läßt. Die Untersuchung des Blutkreislaufes hatte, wie oben mitgeteilt (Fig. 11), bereits ergeben, daß mit dem Beginn des Kreislaufversagens eine dort aus den Atemzacken des Blutdruckes erkennbare Mehratmung anhebt. Deren Verlauf ist in Fig. 12a zu sehen. Sie setzt nach einer anfänglich langsamen Belüftungszunahme der Lunge nach 60—80 Sekunden dauernder Einatmung von O_2-Mangelgemisch (7,1% O_2 in N_2) ein und erreicht mit dem etwa 4,6fachen des Ausgangs-Atemvolumens eine gewisse Konstanz. Gleichzeitig nimmt (gemessen an der CO_2-Gehaltskurve der Ausatmungsluft) die Utilisation der Luft in der Lunge ab. Die O_2-Kurve läßt ohne weiteres die Utilisationsveränderung nicht erkennen, da sie ganz von der Zusammensetzung des O_2-Mangelgemisches bestimmt wird. Immerhin sinkt die CO_2-Kurve nur langsam ab. Die CO_2-Abgabe pro 20 Sekunden ist im Zeitpunkt des Milznervenreizes gegenüber dem Ausgangszustand etwa verdoppelt. Es handelt sich hierbei um die Abgabe von CO_2 aus den Beständen des Blutes, die möglicherweise durch das Einströmen von Milchsäure aus den hypoxischen Geweben gefördert wird, außerdem aber um ein tatsächliches Ansteigen des Stoffwechsels. Nach 2 Minuten 40 Sekunden beginnt die elektrische Reizung eines Milznervenastes, die, wie aus Fig. 12b ersichtlich, Atmung und Gaswechsel, sofern kein O_2-Mangel besteht, völlig unbeeinflußt läßt. Im Verlaufe von etwa 80 Sekunden stellt sich das abnehmende Atemvolumen auf 67% des Maximalwertes ein, um auf diesem Wert zu verharren bis die O_2-Mangelbeatmung abgebrochen wird. Der schließlich erreichte Wert liegt auf dem 3fachen der Ausgangsventilation der Lungen. Die Abnahme des Atemvolumens wird überwiegend durch Abnahme der Atemtiefe und weniger der Atemfrequenz hervorgerufen.

Die O_2-Analysenkurve läßt erkennen, daß sofort mit der Ventilationsabnahme die Utilisation geringfügig ansteigt. Die CO_2-Analysenkurve aber bewegt sich entgegengesetzt. Letzteres ist nur verständlich bei einem ziemlich plötzlichen Absinken der CO_2-Spannung im Blute selbst, sei es durch eine Steigerung des Bindungsvermögens für CO_2 oder Senkung der CO_2-Produktion der Gewebe, also des Stoffwechsels. Die gleichzeitige Aufzeichnung der „Venosierung" des arteriellen Blutes auf photoelektrischem Wege läßt eine Abnahme der O_2-Beladung mit Beginn der Ventilationsabnahme erkennen. Mit den üblichen Vorstellungen über die Steuerung der Lungenatmung ist alles dies schwer in Einklang zu bringen. Da der ganze Vorgang, wie aus dem Verhalten des Blutkreislaufes sichtbar wird, eine Verbesserung, d. h. eine Resistenzsteigerung gegen O_2-Mangel darstellt, wird man in der Atmungsumstellung auf Milznervenreiz die Behebung einer Fehleinstellung oder eines Versagens zu sehen haben. Wahrscheinlich birgt sich in der anfänglich starken Ventilationssteigerung eine „Hyperventilation" infolge einer hypoxämischen Herzmuskelinsuffizienz, die als solche im Kreislaufgeschehen nur eben angedeutet ist. Die Behebung dieses Vorganges müßte dann gewisse Übereinstimmungen mit dem Versuch der Fig. 5 bringen. Gleich-

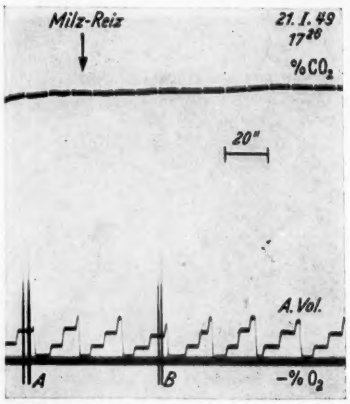


Fig. 12b. Gleicher Versuch wie Fig. 12a, aber 23 Minuten später. Eichungen und Bedeutung der Kurven wie dort. Das Versuchstier ist mit reinem O_2 beatmet. Daher die O_2-Analyse ausgeschaltet. Der gleiche Milznervenreiz wie in Fig. 12a (von A—B) bleibt ohne jede Wirkung auf Atemvolumen und CO_2-Gehalt der Ausatmungsluft.

zeitig aber ist mit der Abnahme der CO_2- Spannung im Blute sicher eine Minderung der CO_2-Produktion verbunden. Trotz der geringfügigen Zunahme der O_2-Utilisation in der Ausatmungsluft ist mit einer Abnahme des O_2-Verbrauches, also des oxydativen Stoffwechsels, zu rechnen. Der „respiratorische Quotient" fällt ab.

Alle diese Erscheinungen lassen sich weder durch eine Blutentspeicherung aus der Milz noch durch eine Zunahme des Hämoglobins im Blute erklären, die beide auch gar nicht nachweisbar sind.

Im akuten O_2-Mangel durch Einatmung von O_2-N_2-Gemischen erbringt also offenbar die Milznervenreizung außer der Behebung einer eingetretenen hyp-

oxischen Herzmuskelinsuffizienz eine Senkung des ganzen oxydativen Stoffwechsels.

Natürlich war von Interesse, bei dieser Deutung der Erscheinungen die Wirkung des Strophanthins zu prüfen. Haben wir doch oben gezeigt, daß es durchaus die hypoxische Herzmuskelinsuffizienz nach Leberausschaltung zu beheben vermag. Das Ergebnis bringt die Fig. 12c.

Die Übereinstimmung mit dem Versuch der Fig. 12b ist erstaunlich. Die Minderung des Atemvolumens stellt sich nach der Strophanthingabe innerhalb von 60 Sekunden Schritt für Schritt ein. O_2-Utilisation und CO_2-Gehalt der Atemluft bewegen sich im

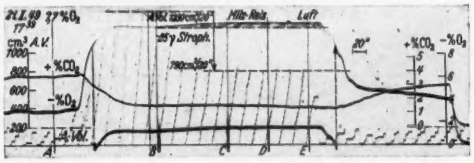


Fig. 12c. Fortführung des Versuches der Fig. 12a und b. Alle Bezeichnungen wie dort, 46 Minuten später. Von A bis B Beatmung des Tieres mit 7,7 % O_2 in N_2. Beginn der plötzlich starken Mehratmung nach 42 Sekunden des O_2-Mangels. An Stelle des Milznervenreizes bei B zwischen den Strichen, Gabe von 25 γ Strophanthin mit gleichem Ergebnis wie Milznervenreiz. Der Milznervenreiz zwischen C und D ist dann wirkungslos (s. Text).

gleichen Sinne wie nach einer Milznervenreizung. Ein zusätzlicher Milznervenreiz ist wirkungslos. *Es scheint so, als ob durch das Strophanthin alles bereits vorweggenommen wäre, m. a. W., als ob die Milznervenreizung durch Strophanthin ersetzt werden könnte.* Überraschend bleibt die überaus rasche Wirkung des Strophanthins.

Ganz ähnlich wie in Fig. 12a und c verlaufen Atemvolumen und Gaswechsel sowie die Verhältnisse im Blutkreislauf bei manchen Tieren von selbst, wenn sie im Stadium der schwindenden Narkose bei gut funktionierendem Atemzentrum O_2-N_2-Gemische zu

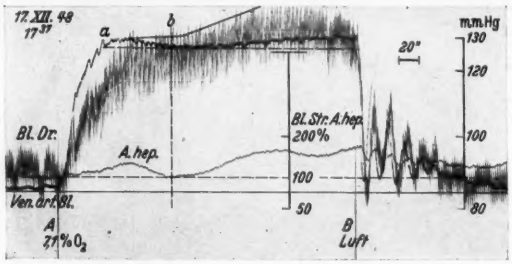


Fig. 13. Verlauf einer „Spontanreaktion" zur Überwindung von O_2-Mangel. Arterieller Blutdruck (Bl.Dr.) Durchblutung der A. hepatica (A. hep.) und Venosierung des arteriellen Blutes (Ven. art. Bl.). Von A bis B Einatmung eines Gemisches von 7,1 % O_2 in N_2. Bei a beginnt die Phase der Dyspnoe, bei b, mit einem neuerlichen Schub der Hepatica-Durchblutung, schwindet sie langsam, erkenntlich am Blutdruckanstieg und Zunahme der Venosierung. Es tritt sozusagen eine Phase des „Second-Wind" ein (s. später in dieser Abhandlung).

atmen bekommen. Nur ist dabei die Abnahme des Atemvolumens nicht entfernt so ausgeprägt, ebensowenig die Zunahme des arteriellen Druckes. Die Veränderungen stellen sich langsamer ein. Es ist anzunehmen, daß hier die Milzfunktion zur Überwindung des O_2-Mangels auf natürlichem Wege ausgelöst wird. Diese Spontanreaktion wird für das Gebiet des Blutkreislaufes an einem Beispiel in Fig. 13 demonstriert.

Man beachte hier den sehr raschen Anstieg der Venosierungskurve, die sofortige, aber zunächst nur vorübergehende Mehrdurchblutung der A. hepatica, der eine zweite, viel höhere folgt. Der Blutdruckanstieg und die Venosierungssteigerung schließen sich an diese kräftige Reaktion der A. hepatica an. Ob sich der Organismus in solchen Fällen spontaner Abwehr des O_2-Mangels tatsächlich der von uns aufgefundenen Milz-Leber-Reaktion bedient, mußte experimentell geklärt werden.

Man konnte auf verschiedene Weise zur Entscheidung kommen:

1. Durch zeitliche Plazierung einer künstlich ausgelösten Milz-Leber-Reaktion vor den Eintritt der Spontanreaktion.

2. Durch Wegnahme der Milz, Prüfung der Spontanreaktion auf O_2-Mangel in diesem Zustand und

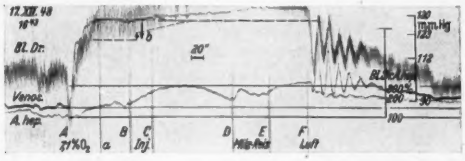


Fig. 14a. Versuchstier der Fig. 13. Durch starken Blutdruckanstieg unter Steigerung der Hepatica-Durchblutung wird dem O_2-Mangel begegnet (von A bis F Einatmung eines Gemisches von 7,1 % O_2 in N_2). Zunächst eine Phase der Dyspnoe (bis b) (s. Fig. 14b) als Zeichen eines Mißverhältnisses zwischen Blutförderung durch das Herz und Lungenbelüftung. Bevor Spontanreaktion zur Behebung der Störung (Herzmuskelinsuffizienz) einsetzt, zwischen B und C Infusion von 10 cm³ Milzvenenblut eines Spendertieres, welches im O_2-Mangel liegt und dem ein Milznervenast elektrisch gereizt wird, in die Pfortader. Gleiche Blutmengen waren vorher dem Versuchstier abgezapft worden. Unter Minderung des Atemvolumens (s. Fig. 14b) Anstieg der Venosierung des arteriellen Blutes, Behebung der Herzmuskelinsuffizienz. Eine Milznervenreizung (D—E) bleibt, abgesehen von einer neuen Durchblutungssteigerung der A. hepatica, wirkungslos. Die Milzblut-Infusion hat den Effekt vorweggenommen.

„Ersatz" der ausgefallenen Milz durch eine der von uns angewandten Maßnahmen.

Gerade letzteres gab die Möglichkeit an die Hand, zugleich die Art der Einwirkung der Milz auf die Leber und darüber hinaus auf das Herz und den oxydativen Stoffwechsel zu untersuchen. Es lag nahe anzunehmen, daß auf die Milznervenreizung hin oder im Verlauf einer Spontanreaktion ein Stoff von der Milz an die Leber weitergegeben wird, welcher die Leber veranlaßt oder befähigt — vielleicht durch Abgabe eines entsprechenden Wirkstoffes —, die hyp-

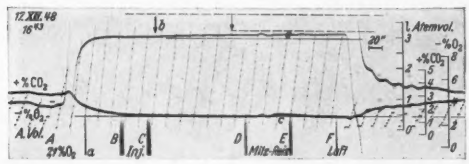


Fig. 14b. Gleicher Versuch wie Fig. 14a. Lungengaswechsel bei Behebung einer initialen hypoxischen Herzmuskelinsuffizienz durch Infusion von 10 cm³ (B—C) Milzblut eines Spendertieres, das in O_2-Mangel bei elektrischer Reizung des Milznerven 3 Minuten vorher entnommen wurde. Nach Behebung der Dyspnoe (bis b) bleibt ein elektrischer Milznervenreiz (von D bis E) wirkungslos. Bei c vielleicht Andeutung einer kleinen „Entspeicherung" von Milzblut (s. Text).

oxische Herzmuskelinsuffizienz und sonstige nachteilige Folgen des O_2-Mangels auf den oxydativen Stoffwechsel zu beseitigen.

Wir gingen so vor, daß wir von einem zweiten Tier (Spendertier), nachdem es in O_2-Mangel gebracht wurde, während einer Milznervenreizung aus der Milzvene Blut entnahmen und dieses Blut dem Hauptversuchstier in die Pfortader injizierten. Die Fig. 14 und 15 zeigen solche Versuche am gleichen Tier wie die Fig. 13.

Verabfolgt man wenige cm³ Milzvenenblut eines in O_2-Mangel befindlichen Spendertieres während Milznervenreizung einem zweiten Tier, das ebenfalls

in O_2-Mangel liegt und noch über eine intakte, voll innervierte Milz verfügt, in einen Pfortaderast, so wird eine kräftige Durchblutung der A. hepatica mit gleichzeitigem Anstieg des arteriellen Blutdruckes und allmählich einsetzender Abnahme der stark erhöhten Lungenbelüftung ausgelöst. Mit anderen Worten, es genügen diese wenigen cm³ Milzvenenblut des Spendertieres, um genau das gleiche zu erreichen, was wir bei elektrischer Reizung eines Milznervenastes im O_2-Mangel oder bei solchen Tieren, die, am arteriellen Blutdruckanstieg beurteilt, eine gute „Spontanabwehr" des O_2-Mangels zeigen, in einer spontanen Reaktion zu sehen bekommen. Nebenbei bemerkt, ist in diesen Versuchen stets genau das gleiche Blutvolumen, welches dem Tier infundiert wurde, ihm vorher entnommen worden, um auf alle Fälle das gesamte Blutvolumen konstant zu erhalten.

Daß es sich um einen Stoff, den die Milz an die Leber abgibt, handelt, wird damit wahrscheinlich.

Die Fig. 14 läßt außerdem erkennen, daß ein zusätzlicher Milznervenreiz wirkungslos bleibt. Die Milzblut-Infusion hat offenbar alle Möglichkeiten der Umstellung vorweggenommen. Ferner ist zu sehen, daß an diesem Tier, welches schon von sich aus eine gute Resistenz gegen O_2-Mangel besitzt (Blutdruckanstieg), Atmungsrückgang und Blutdrucksteigerung nach Milzeinwirkung verhältnismäßig gering sind. Entweder ist von vornherein der ganze Abwehrmechanismus bereits mindestens teilweise in Anspruch genommen worden oder aber — das Herz wird von einer nur geringfügigen O_2-Mangel-Insuffizienz betroffen. Daß es sich um letzteres handeln könnte, wird wahrscheinlich durch die in unseren gezeigten Beispielen sichtbare Tatsache, daß durch Milznervenreizung, Milzvenenblut und Strophanthin immer nur *ein* bestimmter Endzustand ohne Rücksicht auf Intensität oder Dosis erreicht wird. Es ist m. a. W. nicht möglich, durch stärkere oder länger dauernde Reizung des Nerven eine noch stärkere Blutdrucksteigerung oder noch stärkere Senkung des Atemvolumens zu erreichen.

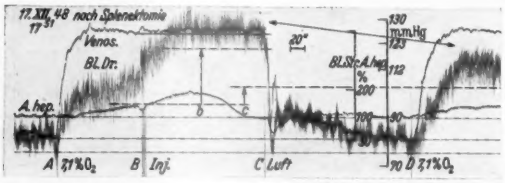


Fig. 15. Gleiches Versuchstier wie in Fig. 14. Die Milz ist inzwischen entfernt worden. Die Blutdruckreaktion auf O_2-Mangel (A—C) ist stark herabgesetzt (vgl. mit Fig. 13 und 14), aber noch nicht ganz verschwunden. Bei B werden in 40 Sekunden 10 cm³ Milzvenenblut eines Spendertieres, das in O_2-Mangel liegt und dessen Milznerv elektrisch gereizt wurde, durch die Pfortader infundiert. Der Blutdruck wird geradezu auf ein neues Niveau gehoben (b), die A. hepatica zeigt einen Durchblutungsschub. Nach Ende des O_2-Mangels Rückgang auf Ausgangswerte. Neuer O_2-Mangel nach 3 ½ Minuten (D) ergibt noch immer eine bessere Reaktion auf O_2-Mangel (vgl. bei c).

Die Fig. 15 gibt die Weiterführung des Versuches der Fig. 14. Die Milz des Versuchstieres ist entfernt. Die Blutdrucksteigerung fällt auf den gleichen O_2-Mangel wie in Fig. 14 deutlich geringer aus. Eine durch die Pfortader vorgenommene Verabfolgung weniger cm³ Milzvenenblut eines Spendertieres, das im O_2-Mangel liegt und dessen Milznerv während der Blutentnahme elektrisch gereizt wurde, hat nunmehr einen ganz unverkennbaren Effekt und hebt den arteriellen Druck unter beinahe 200prozentiger Steigerung der A. hepatica-Durchblutung bis auf die in der Spontanreaktion (s. Fig. 14) beobachtete Höhe. Zugleich zeigt die Fig. 15, daß diese einmalige Milzblut-Infusion (10 cm³ innerhalb von 40 Sek. auf ein Tier von 8 kg Körpergewicht, dem vorher 10 cm³ Blut abgezapft worden waren) noch 6 Minuten später deutliche Wirkungen bei einer neuerlichen O_2-Mangel-Reaktion ausübt. Das stimmt überein mit der von uns gemachten Erfahrung, daß die Kreislaufbeeinflussung durch einen Milznervenreiz 8 bis 9 Minuten den Reiz überdauert! In der Zwischenzeit zwischen den O_2-Mangel-Experimenten geht der arterielle Blutdruck auf den Normalwert zurück. Die Pulsfrequenz ist allerdings oft länger erniedrigt und der O_2-Verbrauch des Tieres etwas vermindert. Das Fortwirken der Milzvenenblut-Infusion wird also erst wieder manifest bei einem neuen O_2-Mangel.

Die Milz gibt, so muß man folgern, *bei O_2-Mangel einen Stoff an die Leber ab, der diese in die Lage versetzt, bei eintretendem O_2-Mangel ein Versagen des Kreislaufes* — wahrscheinlich in erster Linie durch Verhütung oder Beseitigung einer O_2-Mangel-Insuffizienz des Herzens — *abzuwehren*. Wir haben allerdings Ursache anzunehmen, daß auch die übrigen Körpergewebe und Organe den O_2-Mangel unter diesen Umständen besser vertragen.

Es sieht nicht so aus, als ob dieser Stoff, wie wir ursprünglich annahmen, nur ein *„Auslösestoff"* für eine Reaktion der Leber wäre. Die Nachwirkung einer einmaligen Injektion bei wiederholtem O_2-Mangel (s. Fig. 15) spricht ebenso dagegen wie das langsame Verschwinden der O_2-Mangel-Abwehrfähigkeit nach Milzentfernung. Möglicherweise handelt es sich um *eine Vorstufe eines Wirkstoffes, der unter aktivem Eingreifen der Leber entsteht.* Wenn man durch wiederholte Abklemmung der A. hepatica die Leber in einem Versuche „mißhandelt" hat, bleibt der Milznervenreiz wirkungslos. Bei intakter Leber aber ist nach unseren Erfahrungen eine elektrische Reizung eines Milznervenastes die beste Methode, ein Tier mit schlechtem Blutkreislauf rasch und langdauernd in guten Zustand zu bringen. *An Tieren in gutem Zustand aber ist, wie wiederholt betont wurde, die Milznervenreizung völlig wirkungslos.*

Gerade dieses Verhalten erinnert doch wieder, ob wir wollen oder nicht, sehr eindringlich an die Wirkungsweise des Strophanthins und der Digitalisstoffe. Ob die Nachwirkung unseres hypothetischen Milzstoffes — wir wollen ihn, ohne uns festzulegen, „Hypoxie-Lienin" nennen — darauf beruht, daß eine länger dauernde Reparation einer im O_2-Mangel eingetretenen Insuffizienz (vor allem im Herzmuskel) stattgefunden hat, ohne daß der Stoff überhaupt noch lange nachher im Blute kreist oder ob von der Leber noch einige Zeit der eigentliche Wirkstoff weiterproduziert wird, sobald er benötigt wird, war bisher aus technischen Gründen nicht zu entscheiden.

Ziemlich viel haben wir über die *Bedingungen* für das Entstehen und Wirksamwerden des Milzstoffes herausfinden können.

a) Das „Hypoxie-Lienin" entsteht in der Milz nur bei stärkerem O_2-Mangel des Gesamtorganismus (das Milzvenenblut gut beatmeter Tiere ist unwirksam).

b) Das „Hypoxie-Lienin" läßt sich am sichersten nachweisen, wenn zusätzlich zur Hypoxie des Tieres eine elektrische Reizung eines Milznervenastes vorgenommen wird.

c) Das „Hypoxie-Lienin" wirkt nicht an gut beatmeten Tieren, sondern nur an Tieren, welche O_2-Mangel-Symptome im Blutkreislauf oder in der Lungenatmung zeigen, insbesondere bei beginnender hypoxischer Herzmuskelinsuffizienz.

d) Das „Hypoxie-Lienin" wirkt am sichersten und stärksten, wenn es über den „natürlichen Weg", also über die Pfortader durch die Leber verabfolgt wird.

Bei Injektion in periphere Venen treten unsichere und vor allem verspätete Wirkungen ein, die wohl so erklärt werden müssen, daß der Stoff dabei auf Umwegen und in großer Verdünnung die Leber erreicht.

e) Die Leber muß intakt sein, wenn das „Hypoxie-Lienin" wirksam werden soll. Vor allem scheint die Durchblutung der A. hepatica bedeutungsvoll zu sein. Nach Verabfolgung von „Hypoxie-Lienin" aus der Milz zeigt sie eine deutliche, aber mitunter verhältnismäßig rasch abklingende Mehrdurchblutung. Ob die dabei gleichzeitig eintretende Drosselung der Darmgefäße notwendig ist, bleibt unklar.

Eine besondere Bedeutung gewinnen in diesem Zusammenhang unsere in Kapitel 1 mitgeteilten Befunde, daß das Versagen des Herzens nach Ausschaltung der Leber im O_2-Mangel *nicht* eintritt, wenn die A. hepatica, wenigstens teilweise, durch Anastomosen noch im Kreislauf bleibt. Das „Hypoxie-Lienin" würde in diesem Fall über die Ecksche Fistel in den allgemeinen Kreislauf gelangen und schließlich auch die Leber erreichen.

Es ist anzunehmen, daß das „Hypoxie-Lienin" normalerweise über nervösen Anstoß von der Milz an die Leber gelangt, unabhängig von der Entspeicherungsfunktion. Dieser nervöse Anstoß wird notwendigerweise chemisch ausgelöst, ob über die Chemorezeptoren des arteriellen Systems, ob über die nervösen Zentren der Medulla oblongata oder über *chemosensible Nervenendigungen in der Milz selbst*, welche als Ausgangspunkt der vielen sensiblen Milznerven anzunehmen wir Gründe haben, ist noch nicht zu entscheiden. Die chemische Isolierung des Stoffes muß jedenfalls aus dem Milzvenenblut versucht werden. Als Test ist zu verwenden die Beeinflussung des arteriellen Druckes und gleichzeitig des Atemvolumens und Lungengaswechsels im O_2-Mangel bei fortlaufender Registrierung.

Wenn wir als eine besonders eindrucksvolle Wirkung des „Hypoxie-Lienins" die Reparation des ver-

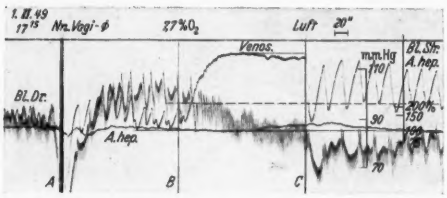


Fig. 16. Hund von 9 kg ohne Milz. Nach Durchschneidung der beiden Vagusnerven (A) wird der O_2-Mangel (B—C) nicht abgewehrt. Unter Einsatz einer starken Hyperventilation (s. Atemzacken des Blutdruckes und Absinken der Venosierungskurve) sinkt der Blutdruck unaufhaltsam ab. Die A. hepatica zeigt eine nur ganz geringfügige und verspätete Mehrdurchblutung.

sagenden Herzmuskels im O_2-Mangel kennengelernt haben, so schien es uns interessant, eine ziemlich sicher auslösbare, schwere Kreislaufstörung damit zu behandeln, deren Natur noch umstritten ist. Wenn man an Hunden die beiden Vagusnerven am Halse durchschneidet, so sind die Tiere nicht mehr in der Lage, einen schwereren O_2-Mangel zu ertragen (E. Opitz). Der Blutdruck fällt rasch ab und erholt sich nur schwer wieder. Viele Tiere gingen uns dabei zugrunde. Die Fig. 16 zeigt dieses typische Geschehen. Man sieht, daß hier mit Beginn der O_2-Mangelatmung der arterielle Blutdruck sofort absinkt. Die A. hepatica zeigt erst sehr verspätet einen kleinen Durchblutungsanstieg. Mit Beendigung der $_2$O-Mangelatmung sinkt der Druck weiter ab und erholt sich nur langsam. Die Fig. 17 gibt die Fortsetzung des Experimentes wieder. Durch die langsame Infusion von nur 10 cm³ Milzvenenblut eines in O_2-Mangel liegenden Spendertieres, dem ein Milznervenast während der Entnahme elektrisch gereizt wurde, wird sofort die Mehrdurchblutung der A. hepatica eingeleitet, der fallende Blutdruck sozusagen abgefangen und gesteigert. Gleichzeitig sieht man den langsamen Anstieg der Venosierungskurve des arteriellen Blutes, die mit der Abnahme des Atemvolumens einhergeht.

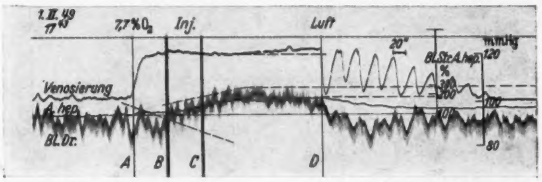


Fig. 17. Fortsetzung des Versuches der Fig. 16. Die Venosierung des arteriellen Blutes hat in der Zwischenzeit (23. Min.) weiter zugenommen. Erneuter, gleicher O_2-Mangel wie in Fig. 16 wird wie dort mit Blutdrucksenkung beantwortet. Die Mehrdurchblutung der A. hepatica steigt unbedeutend. Infusion von 10 cm³ Milzvenenblut eines Spendertieres (unter O_2-Mangel und Milznervenreizung entnommen) in den Stumpf der Milzvene innerhalb 1 Minute, führt zu kräftiger Mehrdurchblutung der A. hepatica unter Blutdruckanstieg und Wegfall der Dyspnoe. Ähnlich wirkt übrigens am gleichen Tier eine Gabe von 25 γ Strophanthin.

Auch in diesem Fall läßt sich feststellen, daß noch 8 bis 9 Minuten nach Infusion des kleinen Quantums von Hypoxie-Milzblut die Resistenz des Blutkreislaufes gegen einen neuerlichen O_2-Mangel verbessert geblieben ist. Unter starker Eröffnung der A. hepatica wird statt einer Blutdrucksenkung eine langsame Steigerung beobachtet, die sich durch Strophanthin allerdings nun noch weiter verbessern läßt.

Daß durch die Wirkung des „Hypoxie-Lienins" über die Leber der oxydative Energiestoffwechsel des Herzens beeinflußt wird, nehmen wir an. Es wird auf einem uns noch unbekannten Weg erreicht, daß das Herz mit weniger Sauerstoff pro Leistungseinheit auskommen kann, aber offenbar nur, wenn es vorher in den Zustand der beginnenden hypoxischen Herzmuskelinsuffizienz geraten ist, also einen erhöhten O_2-Verbrauch pro Leistungseinheit hat. Vorstellbar ist dies eigentlich nur durch Annahme der Heranziehung anoxybiotischer Umsetzungen zur Energiegewinnung. In der Tat scheinen auch andere Organe und Gewebe unter der Wirkung von Leber und Milz im O_2-Mangel ihren Sauerstoffverbrauch einschränken zu können. Wenn wir (O. Mertens und H. Rein, (16) seinerzeit bei der Ausschaltung der Leber aus dem Kreislauf den Wegfall „*intrapulmonaler Verbrennungen*" glaubten beobachten zu können, so fragt sich nunmehr, ob nicht die Beseitigung der Endprodukte eines Anoxybiose-Stoffwechsels durch Verbrennung in der Lunge einfach die andere Seite unseres Problems ist, von dem wir damals noch nichts wußten.

Übersicht über den wesentlichen Inhalt von Kapitel 3.

Neben der A. hepatica ist die Milz und ihre Zuflußvene zur Leber entscheidend für die oben beschriebene Umstellung der Leber auf Regulationsfunktionen im oxydativen Stoffwechsel. Die Milz gibt unter O_2-Mangel des Organismus auf Erregung der Milzhilusnerven einen Stoff (vorläufig als „Hypoxie-Lienin" bezeichnet) an die Leber ab, welcher eine Drosselung der Darmgefäße und Mehrdurchblutung der A. hepatica auslöst. In Fällen, in denen zunächst schwerer O_2-Mangel (durch Einatmung von O_2-Mangelgemischen, die kein CO_2 enthalten!) ein Versagen des Blutkreislaufes, und zwar scheinbar vor allem im Sinne einer O_2-Mangel-Insuffizienz des Herz-

muskels verursacht hat, kann man durch schwache elektrische Reizung eines Milznervenastes das Herz wieder voll leistungsfähig machen, den Blutdruck für längere Dauer auf erhöhte Werte und das Atemvolumen aus dyspnoischer Einstellung auf eine angepaßte Atmung bringen. Offensichtlich wird dem Organismus ein Auskommen mit weniger O_2 ermöglicht. Wenige cm³ Milzvenenblut, einem hypoxischen Tier unter Milznervenreizung entnommen, bewirken an einem zweiten Tier mit hypoxischer Myokard-Insuffizienz, über die Pfortader verabfolgt, die gleiche Heilung wie Strophanthin. Hat man Strophanthin vorweg mit Erfolg gegeben, so bleibt die Infusion wirkungslos. Am gut beatmeten Tier ohne Myokard-Insuffizienz ist der Milznervenreiz und das Milzvenenblut ebenso wie Strophanthin ohne Wirkung auf Kreislauf und Atmung.

4. *Physiologische Bedeutung der „hypoxybiotischen Milz-Leber-Reaktion" und des „Hypoxie-Lienins".*

Einatmung eines O_2-N_2-Gemisches als Mittel zur Herbeiführung einer Hypoxie ist eine „unphysiologische" Maßnahme. Höchstens die Lebensbedingungen in großen Höhen sind damit vergleichbar. Aber gerade diese Anordnung ließ die Voraussetzungen für die Abgabe eines Milzwirkstoffes an die Leber: nämlich O_2-Mangel im arteriellen Blut des Versuchstieres bei gleichzeitiger Erregung gewisser Milznerven als solche einzeln erkennbar werden. Unter unseren Versuchsbedingungen tritt im Gegensatz zu den meisten „natürlichen" Hypoxien, seien sie lokal oder generell, ein starker CO_2-Verlust des Körpers auf (Hypokapnie). Damit aber scheint eine der natürlichen Ursachen für die zentrale Erregung der Milznerven auszufallen. Die spontane Auslösung der uns interessierenden Milz-Leber-Reaktion bleibt dann aus. In Fällen, in denen die Atmung der Versuchstiere sehr lebhaft ist, damit aber der Eintritt des O_2-Mangels rascher erfolgt als das Absinken der CO_2-Spannung im Blute und Gewebe, kommt es in unseren Versuchen zur spontanen Auslösung des ganzen Geschehens, d. h. zur Abgabe des hypothetischen „Hypoxie-Lienins". Das gleiche gilt für die meisten „physiologischen", etwa durch starke plötzliche Stoffwechselsteigerung verursachte Hypoxien.

Für ein physiologisches Geschehen, das in seiner Deutung bisher völlig undurchsichtig ist, scheint die Milz-Leber-Reaktion die Grundlage zu bilden. Es ist das Phänomen des „*Second-Wind*". Bei einer länger andauernden, schweren Muskelarbeit — etwa einem Schnellauf — steigt zunächst das Atemvolumen stark an. Es kommt zu einer ausgesprochenen Dyspnoe mit Steigerung des O_2-Verbrauches und ungewöhnlich hoher CO_2-Abgabe. Nach einer hinreichenden Zeit weiterer Arbeit wird mehr oder weniger plötzlich eine subjektive Erleichterung bemerkbar. Die Dyspnoe verschwindet, die weitere gleichbleibende Muskelarbeit wird als „leichter" empfunden. Es ist zum „Second-Wind" gekommen. Quantitative Untersuchungen dieser merkwürdigen Erscheinung liegen vor. Ein Beispiel sei dem bekannten Buch: „Muscular Exercise" von F. A. Bainbridge[1]) entnommen. Ein Läufer hat vor dem Laufe ein Atemvolumen von 8,5 Litern Luft pro Minute bei 12 Atemzügen. Die ausgeatmete Luft enthält 5,91% CO_2 und 13,85% O_2. Der respiratorische Quotient ist 0,80. Nachdem der Läufer 0,28 englische Meilen zurückgelegt hat, ist das Atemvolumen 35,5 Liter Luft pro Minute bei 21 Atemzügen, der CO_2-Gehalt der Ausatmungsluft ist 7,55%, der O_2-Gehalt 14,07%, der respiratorische Quotient 1,10. Nachdem 0,4 Meilen zurückgelegt waren, kam es zum „Second-Wind". Das Atemvolumen ging auf 19 Liter pro Minute zurück bei 22 Atemzügen. Der CO_2-Gehalt der Respirationsluft war nur noch 5,27% und der O_2-Gehalt 13,63%, der respiratorische Quotient war auf 0,74 abgesunken.

Betrachtet man unsere oben mitgeteilten Versuchsbeispiele in Fig. 12a, 12b und 14, so findet man hier, sozusagen auf kleinem Zeitraum zusammengedrängt, geradezu Modellversuche für das Phänomen des „Second-Wind". Die Abnahme des Atemvolumens, hauptsächlich auf Kosten der Größe der einzelnen Atemzüge, die Abnahme des O_2-Verbrauches und die Abnahme des respiratorischen Quotienten, stärkere Utilisation des O_2 bei geringerer CO_2-Ausscheidung, alles dies ist durch elektrische Reizung eines kleinen Milznervenastes oder durch langsame Verabfolgung einiger cm³ Milzvenenblut durch die Pfortader (von einem zweiten hypoxischen Spendertier unter Milznervenreizung entnommen) oder schließlich durch eine kleine intravenöse Strophanthingabe hervorgerufen worden! — Gerade der Vergleich unserer künstlich ausgelösten Reaktionen mit dem physiologischen Phänomen des „Second-Wind" aber gibt einen Hinweis darauf, daß für die spontane *Auslösung* der Reaktion unter physiologischen Bedingungen die CO_2-Spannung, die nur durch die beträchtliche, infolge O_2-Mangels der arbeitenden Muskeln bewirkte Milchsäureausschüttung trotz starker Ventilation so hoch und schnell ansteigen kann, eine Rolle im Sinne des zentralen Milznervenreizes spielen kann. Nicht ausgeschlossen wäre allerdings, daß auch die Milchsäure selbst als „adäquater Reiz" entscheidend eingreift. Konnten wir doch z. B. zeigen (G. Domini und H. Rein (17), daß Laktat in bestimmten Fällen die Empfindlichkeit gegen Acetylcholin erhöht. Jedenfalls beansprucht das Zustandekommen des Phänomens Zeit, was vielleicht auf irgendeinen Schwellenprozeß, Anhäufung eines bestimmten Stoffes — evtl. Milchsäure — oder dergl. hinweist. Jedenfalls haben F. Cook und M. S. Pembrey (18) recht, wenn sie sagen: „‚Second Wind' appears to be an adjustment of the respiratory and circulatory systems." Dieses adjustment besteht in der Behebung einer „physiologischen" hypoxischen Herzmuskelinsuffizienz durch die hypoxische „Milz-Leber-Reaktion".

Nunmehr besteht die Möglichkeit, rückgreifend noch einmal auf die sehr merkwürdigen Befunde, wie sie in Fig. 4 dieser Abhandlung in einem Beispiel dargestellt sind, einzugehen. Dort ist demonstriert, wie in einem sehr schweren O_2-Mangel durch Ausschaltung der Leber die Herzfunktion bis zum Stillstand des Herzens gestört werden kann. Künstliche Beatmung des Versuchstieres mit O_2-CO_2-Gemischen bei fortbestehendem O_2-Mangel jedoch bringt innerhalb von 3 Minuten fast normale Kreislaufverhältnisse zustande. Daß hier über einen zentralen CO_2-Reiz die Milz-Leber-Reaktion ausgelöst wird und die Ursache für die Reparation ist, liegt im Bereich der Möglichkeiten.

Nachdem wir gesehen hatten (s. Fig. 16), daß auch das nach Vagusdurchschneidung im O_2-Mangel schwer versagende Herz über Milznervenreizung oder transhepatikale, kleine Milzblutgaben wieder leistungsfähig wird und in vielen Fällen eben diese „physiologischen" Maßnahmen sozusagen das Strophanthin ersetzen können, haben wir bei manchen unserer Versuche den elektrischen Milznervenreiz mit bestem Erfolg zur Behebung schlechter Kreislaufverhältnisse der Versuchstiere verwendet. Dieses Verfahren hatte bei unseren Versuchen im Gegensatz zu Strophanthin den Vorteil, daß die uns

[1]) London 1931, s. dort S. 189.

interessierende Milz-Leber-Reaktion danach immer wieder nach einiger Zeit auslösbar war, während dies nach Strophanthin oft nicht mehr der Fall ist, weil das Tier einfach für Stunden resistent gegen O_2-Mangel geworden ist.

Wenn, wie wir annehmen müssen, die Milz-Leber-Reaktion oder das „Hypoxie-Lienin" über die Leber den Wirkungsgrad (s. Kap. 1 dieser Abhandlung) des insuffizienten Herzmuskels verbessert und darüber hinaus den O_2-Bedarf des gesamten Organismus mindern kann, ohne Leistungsminderungen auftreten zu lassen, dann tritt natürlich für die weitere Bearbeitung des Problems die Klärung der Stoffwechselfrage ganz in den Vordergrund. Für den Herzmuskel haben wir uns zunächst der Beobachtung der Herzkranzgefäß-Durchblutung zugewandt. In früheren Arbeiten des Verfassers wurde gezeigt, daß die Herzkranzgefäße, abgesehen von ihrer erstaunlichen Abhängigkeit von der O_2-Beladung des Blutes (siehe oben), im Gang ihrer Durchblutung völlig den Gang des Energieumsatzes widerspiegeln. In der hypoxischen Herzmuskel-Insuffizienz sind sie maximal durchblutet. Zu den zunächst erstaunlichsten Erscheinungen unserer Versuche zählt, daß mit dem Einsatz der Milz-Leber-Reaktion, also mit dem Ansteigen der äußeren Leistung des Herzens, die Herzkranzgefäßdurchblutung, kleiner wird. Es wäre abwegig, hierin eine nachteilige Reaktion zu sehen. Der Herzmuskel kommt vielmehr mit weniger Blut aus, der Gesamtenergieumsatz wird mit steigender äußerer Leistung kleiner, d. h. der Wirkungsgrad wird größer. Auch diese Reaktion zeigt nach den Erfahrungen des Verfassers Übereinstimmung mit der Wirkung des Strophanthins. Die Frage, ob das Fehlen oder die mangelhafte Betätigung unserer Milz-Leber-Reaktion Ursache von „Coronar-Insuffizienzen" werden könnte, ist sicherlich berechtigt. Ihr Fehlen kann trotz maximaler Eröffnung der Kranzgefäße zu einem Mißverhältnis zwischen Blutbedarf des Herzmuskels und Blutangebot führen.

Ob nicht vielleicht die vielfach beschriebene „Altersdegeneration der Milz", die als „physiologisch" gilt, die Ursache für die Abnahme der Anpassungsfähigkeit der körperlichen Leistung und namentlich des Herzens an plötzliche starke Beanspruchungen im Alter darstellt, wäre zu prüfen.

Wenn wir die physiologische Funktion unserer „hypoxischen" Milz-Leber-Reaktion in der Ermöglichung einer Anpassung an plötzlichen hohen, allgemeinen oder lokalen O_2-Bedarf sehen, werden wir in dieser unserer Meinung bestärkt durch Beobachtungen an jugendlichen, sonst gesunden Menschen, denen (meist wegen einer Milzruptur durch Unfall) die Milz chirurgisch entfernt werden mußte (P. de Francis-cis a B. Guidetti (19). Die Unfähigkeit, schwere körperliche Arbeit zu leisten, das Auftreten von Atemnot, also vorübergehender hypoxischer Herzmuskel-Insuffizienz bei Arbeit und psychischen Emotionen, sind die in dieser interessanten Übersicht immer wiederkehrenden Symptome der „Splenektomie". Das Wichtige an dem von den genannten Autoren mitgeteilten Material ist, daß es sich um jugendliche und gesunde Menschen handelt. An alten und kranken sind die Symptome solchen Versagens vielleicht ohnehin schon vorhanden.

Auch die wichtigen Experimente J. Barcrofts (20) über die Resistenzminderung gegen CO-Vergiftung nach Milzausschaltung finden nun eine bessere Erklärung. Barcroft fand, daß milzlose Tiere stets früher an CO-Vergiftung starben als normale unter gleichen Bedingungen. Er führte, ganz unter dem Eindruck seiner entscheidenden Entdeckung, daß die Milz für viele Tiere ein beachtliches Blutdepot ist, die höhere Resistenz der Normaltiere auf die Hämoglobinvermehrung infolge Milzentspeicherung zurück. Merkwürdigerweise aber trat der Tod einzelner seiner milzlosen Tiere bei geringerer CO-Hämoglobinkonzentration ein als bei seinen Normaltieren. Die Ursache des früheren Todes der milzlosen Tiere scheint vielmehr ihrer geringeren Resistenz gegen O_2-Mangel als größerem oder rascher eingetretenem O_2-Mangel zuzuschreiben zu sein.

Ein mindestens angedeutetes Versagen der beschriebenen Milz-Leber-Reaktion mag in der verminderten körperlichen Leistungsfähigkeit nach Nahrungsaufnahme liegen. Die in Kapitel 2 beschriebene Umschaltung der Leber von „Ingestiv-Funktion" auf „Hepatica-Funktion" verläuft im akuten Verdauungsstadium nicht so prompt wie im Nüchternzustand. Man hat für dieses bekannte körperliche — und auch geistige — Versagen bisher die Verlagerung großer Blutmengen in die Baucheingeweide und Zwerchfellhochstand verantwortlich gemacht, was aber gar nicht zutreffend ist.

Ein Hinweis darauf, daß bei schwerer und namentlich andauernder Muskelarbeit des Menschen die Milz eine Rolle spielt, ist das bei jugendlichen Menschen ziemlich regelmäßig auftretende „Seitenstechen". Man erklärt es bisher als mechanischen Reiz durch heftige Milzkontraktionen. Die nur spärlichen glatten Muskeln der menschlichen Milz und die Feststellung, daß sie nicht zum Typ der „Speichermilz" gehört, machen heftige Volumenänderungen unwahrscheinlich. Hingegen hat die Milz eine Fülle von zentripetalen Nervenfasern, die aus dem Inneren des Organs kommen. Über diese ist so gut wie nichts bekannt. Durch elektrische Reizversuche des durchschnittenen Milznerven haben wir den Eindruck gewonnen, daß diese Fasern, wie die vom Glomus caroticum stammenden, die Erregbarkeit des Atem- und Vasomotorenzentrums beeinflussen. Für den Ablauf der beschriebenen „hypoxischen" Milz-Leber-Reaktion scheinen sie in noch nicht durchsichtiger Weise bedeutungsvoll zu sein. Wir haben den Eindruck, daß sie durch O_2-Mangel oder Laktat erregt werden. Nur elektrophysiologische Experimente werden ihre Erregungsbedingungen klären können. Wir möchten annehmen, daß sie, wie die anderen „Schmerznerven" des Organismus, der Kontrolle des Organstoffwechsels dienen und bei excessiver Beanspruchung des Organs „Schmerz" erzeugen, eben jenes „Seitenstechen".

Daß durch die „hypoxische" Milz-Leber-Reaktion der *O_2-Mangel als solcher nicht behoben wird*, sondern vielmehr ein *Auskommen trotz fortbestehenden O_2-Mangels* und Beseitigung etwa vorher schon eingetretener leichter Hypoxie-Dysfunktionen (Herzmuskel-Insuffizienz) ermöglicht wird, ist durch unsere beschriebenen Versuche wahrscheinlich gemacht. Wie die chemischen Umstellungen des Stoffwechsels dabei verlaufen, ist noch recht wenig ersichtlich. Bei gleichbleibender, gesteigerter Leistung geht offensichtlich der O_2-Verbrauch zurück. Das ist eigentlich nur vorstellbar bei stärkerer Energiegewinnung aus anoxybiotischen Umsetzungen. Es wäre denkbar, daß die aus der Leber abgegebenen Wirkstoffe diese ermöglichen oder fördern. Gleichzeitig könnte zur Verbrennung der entstandenen Endprodukte in den Lungen Anstoß gegeben werden. Die vom Verfasser und O. Mertens (1945) beschriebenen „Intrapulmonalen Oxydationen", die unter Mitwirkung der Leber stattfinden, jedenfalls nach Ausschaltung dieser wegfallen, würden damit in das Geschehen eingereiht werden können. Möglicherweise sind sie aber auch etwas ganz Unabhängiges.

Über die chemische Natur der Wirkstoffe, die der „hypoxischen" Milz-Leber-Reaktion zugrunde liegen, sind von uns bisher keine Untersuchungen angestellt worden. Wir glauben sagen zu dürfen, daß der von der Milz an die Leber abgegebene Stoff (Hypoxie-Lienin) weder Acetylcholin noch Histamin noch Adrenalin ist, daß er nicht identisch ist mit jenen Wirkstoffen, die anschließend von der Leber in den Blutkreislauf übergehen. Er scheint nicht lediglich ein „Auslösestoff" für eine Leberreaktion zu sein, sondern möglicherweise eine „Vorstufe". Die in dieser Abhandlung gezeigte vielseitige Übereinstimmung der Wirkung der Hypoxie-Leberstoffe mit der des Strophanthins läßt immer wieder unsere ursprüngliche Arbeitshypothese, daß es sich um ein Steroid handeln könnte, bestechend erscheinen. Das Strophanthin wählten wir übrigens nur wegen der Möglichkeit der gut dosierten intravenösen Verabfolgung und wegen seiner rasch eintretenden Wirkung. Wahrscheinlich verdienen andere Wirkstoffe der Reihe, vor allem die im tierischen Gewebe entstehenden Krötengifte, weit mehr Interesse. Neben dieser „Digitalis-Hypothese" erwägen wir neuerdings völlig andere Möglichkeiten: nämlich die Abgabe eisenhaltiger Katalysatorstoffe aus der Milz mit definitivem Umbau dieser in der Leber. Im Sinne einer Ausbreitung der vorhandenen Häminsysteme bei sehr niederen O_2-Drucken könnten sie den Anstoß zu intrapulmonalen Verbrennungen der Endprodukte des Hypoxie-Stoffwechsels geben.

Für alle weiteren technischen Einzelheiten und eine Übersicht über das sehr umfangreiche Versuchsmaterial muß auf eine in Vorbereitung befindliche monographische Darstellung verwiesen werden. Auch sie wird sozusagen nur ein „Zwischenbericht" über unsere über 15 Jahre sich erstreckenden experimentellen Bemühungen um ein Gebiet der Regulationsphysiologie sein, das noch viel Geduld zur Klärung der vielen neu gefundenen Tatsachen erfordern wird.

5. *Zusammenfassung.*

Der Energiestoffwechsel des Herzens hängt von der Leber ab. Für die Überwindung einer hypoxischen Herzmuskel-Insuffizienz ist dieses Organ entscheidend.

Darüber hinaus scheint die Leber die Fähigkeit zu besitzen, schweren Sauerstoffmangel für den ganzen Organismus erträglicher zu machen.

In der Leber befinden sich 2 nach funktionellen Aufgaben verschiedene Systeme. Das eine ist an die Pfortader, das andere an die lebenswichtige A. hepatica gebunden. Das erste dient der Verarbeitung und Verwaltung der über den Darm aufgenommenen Stoffe („*Ingestiv-Funktion*"). Das zweite steht im Dienste der *Regulation des oxydativen Stoffwechsels* (Hepatica-Milz-System). Die Umschaltung von einem auf das andere System läßt sich leicht am Verhalten der Leberdurchblutung beobachten. Den Anstoß zur Umschaltung auf das zweite System scheint die Milz zu geben.

Unter Sauerstoffmangel gibt die Milz bei Reizung eines kleinen Milznervenastes — unabhängig von den bekannten Entspeicherungsvorgängen — einen Stoff an die Leber ab, durch den über die Leber die eigentlichen Wirkstoffe in den Blutkreislauf ausgeschüttet werden.

Durch Verabfolgung des Milzwirkstoffes (wir haben ihn vorerst „Hypoxie-Lienin" genannt) über die Pfortader an die Leber unter Erhaltenbleiben der Blutströmung in der A. hepatica läßt sich bei Tieren im schweren Sauerstoffmangel geradezu ein Modellversuch des „*Second-Wind*" durchführen. Auf die gleiche Weise *lassen sich hypoxische Herzmuskel-Insuffizienzen rasch beheben.*

Das transhepatical verabfolgte „Hypoxie-Lienin" zeigt in seiner Wirkung weitgehende Übereinstimmung mit dem Strophanthin. Ob es diesem Stoff chemisch irgendwie ähnlich ist, bleibt vorläufig unbekannt, wie überhaupt die Frage nach seiner chemischen Natur aus verschiedenen Gründen noch offen bleibt.

Eingegangen am 13. April 1949.

Literatur.

11) Antal, J. u. Schleinzer, R., Die Wirkung des Adrenalins auf die Milz in Abhängigkeit von der Beatmung des Organismus. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **245**, 698—702 (1942). — (12) Mertens, O., Die Milz als Kreislauforgan. Nachr. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Biologie, Bd. **1**, 261 (1935). — (13) Barcroft, J., Beste Übersicht in seinem Buch: Features in the architecture of physiological function. Cambridge 1934, S. 140—171. — (14) Skramlik, E. v., Die Milz. Erg. d. Biologie Bd. **2**, 505—553 (1927). — (15) Antal, J. u. Schleinzer, R., Die Speicherfunktion der Milz in ihrer Abhängigkeit von der Beatmung des Blutes. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **245**, 680—695 (1942). — (16) Mertens, O. u. Rein, H., Über intrapulmonale Oxydationen. Nachr. Akad. d. Wiss. zu Göttingen. Math. Physik. Klasse **1945**, 91—93. — (17) Domini, G. u. Rein, H., Kommt Milchsäure als physiologisches Regulans im peripheren Kreislauf in Frage? Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **246**, 608—620 (1943). — (18) Cook F. and Pembrey, M. S., Observations on the effects of muscular exercise upon man. Journ. of Physiol. **45**, 426—446 (1913). — (19) Franciscis, P. de a Guidetti, B., Ricerche sulla fisiologia della milza nell'uomo. Il progresso medico. Vol. III, pag. 293—298 (1947). — (20) Barcroft, J., The influence of the spleen in carbon monoxide poisoning. Journ. of Physiol. **60**, 79, (1925).

Das Problem der Indifferenz.

Ein Beitrag zur Ökologie der Insekten.

Von H. Eidmann, Hann. Münden.

Der Begriff der „Indifferenz" ist in der angewandten Entomologie gebräuchlich, und zwar im Sinne einer wirtschaftlichen Indifferenz. Man bezeichnet als indifferent solche Insekten, die weder nützlich noch schädlich, also wirtschaftlich gleichgültig sind. Diese weite Fassung bedarf jedoch im Interesse ihrer wissenschaftlichen Verwendbarkeit einer Einengung dahingehend, daß als indifferente Arten solche primär phytophagen Insekten bezeichnet werden sollen, die an Kulturpflanzen vorkommen, aber niemals Schadwirkungen hervorrufen.

Im Gegensatz zu den indifferenten seien die Schädlinge als gradierende Insekten bezeichnet, da sie zu Massenvermehrungen *(Gradationen)* befähigt sind und dadurch erst Schadwirkungen verursachen können. Die Frage der Indifferenz gehört damit in ökologischem Sinne in das Gebiet der Populationsdynamik, denn die Schadwirkung ist eine Funktion der Populationsdichte ihres Erregers. Gradierende Insekten vermögen ihre Populationsdichte über eine kritische Schadgrenze zu erheben, indifferente Arten jedoch nicht und vermögen daher auch niemals

Schadwirkungen zu entfalten, obwohl alle Voraussetzungen hierzu genau so, wie bei den Schädlingen gegeben zu sein scheinen. Eine befriedigende Erklärung für diese auffallende Tatsache gibt es bisher nicht; alle Vermutungen darüber sind nicht bewiesen.

Die angewandte Entomologie, der wir so hervorragende Erkenntnisse über die Populationsbewegung vieler Schädlinge verdanken, hat sich mit indifferenten Insekten nicht befaßt und ist damit allerdings an einem Problem vorübergegangen, das von grundlegender Bedeutung für die Erklärung der Ursachen von Schadwirkungen durch Insekten ist. Das Problem der Indifferenz, wie ich es hier nenne, wäre somit durch folgende Frage zu umreißen: Welches sind die Ursachen für die dauernd geringe Populationsdichte gewisser indifferenter Insekten?

Die Frage wird um so interessanter, wenn man bedenkt, daß indifferente Arten oft nahe oder sogar nächste Verwandte von Großschädlingen sind. Einige Beispiele aus der Forstentomologie mögen dies erläutern. Die Kleinschmetterlingsgattung *Cacoecia* HB. *(Lep. Tortricidae)* enthält einige an Nadelholz vorkommende Arten, die forstlich von sehr verschiedener Bedeutung sind. Die nearktische *C. fumiferana* CL. (neuerdings in die Gattung *Choristoneura Lederer* gestellt; Freeman, 1947), bekannt unter dem Namen Spruce Budworm, ist einer der wichtigsten forstlichen Großschädlinge Nordamerikas, dem im letzten Jahrzehnt unermeßliche Werte zum Opfer gefallen sind. Seine Hauptfraßpflanze ist die Balsamtanne *(Abies balsamea)*. Der Tannentriebwickler *C. murinana* HB. ist eine mitteleuropäische Art, die an der Weißtanne *(Abies pectinata)* lebt und in den Mittelgebirgen nördlich der Alpen als Schädling bekannt ist. Der Fichtentriebwickler *C. histrionana Froel* endlich, gleichfalls eine mitteleuropäische Art, lebt an der Fichte *(Picea excelsa)*, ist jedoch indifferent und noch nie in Übervermehrung beobachtet worden. Er wäre als Forstinsekt wohl kaum bekannt, wenn er nicht von Ratzeburg (1840, pp.) mit *murinana* verwechselt worden wäre. Die drei Arten stimmen in ihrer Lebensweise, besonders in der Art ihrer Ernährung weitgehend überein.

Als weiteres Beispiel nenne ich 3 Spannerarten *(Lep. Geometridae)*, welche zwar nicht der gleichen Gattung, aber doch sämtlich der Unterfamilie der *Boarmiinae* angehören. Es handelt sich um den gemeinen Kiefernspanner *Bupalus piniarius* L., den gebänderten Kiefernspanner *Ellopia prosapiaria* L. und den veilgrauen Kiefernspanner *Semiothisa liturata* CL. Ersterer ist ein Großschädling ersten Ranges, die beiden anderen sind indifferent. Alle drei leben an der gemeinen Kiefer *(Pinus silvestris)* als Hauptfraßpflanze und bewohnen das palaearktische Gebiet. Während *B. piniarius* durch zahlreiche, teils sehr eingehende Untersuchungen bekannt ist, ist die Lebensweise der beiden indifferenten Arten, besonders der *S. liturata* noch kaum untersucht.

Bei der Frage nach den Ursachen der Indifferenz hat man jene Faktoren in Betracht zu ziehen, welche die Populationsdichte beeinflussen. Bekanntlich ist die jeweilige Populationsdichte einer Art das Ergebnis des Widerspiels zweier Kräfte, der Zeugungskraft als fördernden und des Widerstandes der Umwelt als hemmenden Elementes. Beide sind in der Regel so aufeinander abgestimmt, daß die Erhaltung der Art unter normalen Umweltbedingungen ohne beträchtliche Populationsschwankungen gesichert ist. Ist also die Feindwirkung der Umwelt groß, so ist auch die Zeugungskraft entsprechend hoch und umgekehrt.

Betrachten wir zunächst die Zeugungskraft. Die Vermutung liegt nahe, daß die Zeugungskraft der indifferenten Insekten geringer als die der Schädlinge ist, und daß das Problem auf diese Weise eine einfache Lösung findet. Bei der Erörterung dieser und der folgenden Fragen ziehe ich vor allem das erste der beiden oben erwähnten Beispiele, nämlich die Triebwickler der Gattung *Cacoecia* heran und stütze mich dabei auf eigene noch nicht veröffentlichte Untersuchungen, die ich über die Ökologie von *C. histrionana* gemacht habe. Über *murinana* wissen wir durch die Arbeiten von Wachtl (1882), Schimitschek (1935) und Franz (1940) hinreichend Bescheid; über *fumiferana* sind wir durch zahlreiche neuere Untersuchungen kanadischer Autoren, wie Swaine (1942) u. v. a. eingehend unterrichtet.

Die Zeugungskraft der Insekten ist abhängig von dem Geschlechtsverhältnis, der Eizahl und der Generationsdauer. Ersteres beträgt normalerweise 1 : 1, d. h. der Weibchenanteil ist 50%. Zwar kann durch verschiedene Anfälligkeit der beiden Geschlechter postembryonal eine Verschiebung eintreten (Brandt, 1936), doch sind hierzu außergewöhnliche Umweltbedingungen notwendig, die normalerweise nicht auftreten (Übervölkerungserscheinungen wie Nahrungsmangel usw.). Für *Cacoecia* liegen diesbezügliche Untersuchungen nicht vor, doch deutet nichts auf eine Ausnahme in dieser Hinsicht hin. Wesentlicher ist die Eizahl. Sie beträgt nach den obengenannten Autoren bei *fumiferana* und *murinana* rund 100. Meine eigenen Beobachtungen ergaben für *histrionana* die gleiche Zahl (max.: 119) als Mittel mehrerer Auszählungen in meinen Zuchten. Die Generationsdauer ist bei allen 3 Arten einjährig. Somit kommt in diesem Falle ein Unterschied in der Zeugungskraft zur Erklärung der Indifferenz von *histrionana* nicht in Frage; das Entwicklungspotential ist in allen Fällen gleich. Auch die Eiablage ist bei den 3 Arten völlig gleich. Die Gelege haben die Form doppelreihiger Eizeilen, die auf der Ober- bzw. Unterseite der Nadeln der Fraßpflanze abgesetzt werden.

Bei den Kiefernspannern besitzen wir keine Unterlagen, die zu einem Vergleich ausreichen. Die Eizahl von *B. piniarius* beträgt im Mittel 100, die der beiden indifferenten Arten ist nicht bekannt. Die Generationsdauer von *piniarius* ist einjährig, die von *E. prosapiaria* halbjährig (doppelte Generation); auch die von *S. liturata* soll halbjährig sein, doch hätte man gerade umgekehrt eine geringere Generationsdauer von *piniarius* als von einer der indifferenten Arten erwarten müssen. Es ist daher auch in diesem Falle nicht gerade wahrscheinlich, daß eine geringere Zeugungskraft als Ursache der Indifferenz in Frage kommt.

Demnach scheint es, daß der zweite der obengenannten Faktoren, der Umweltwiderstand, zur Erklärung der Indifferenz herangezogen werden muß, d. h., daß dieser möglicherweise bei den indifferenten Arten größer ist als bei den Schädlingen. Hierzu ist allerdings zu bemerken, daß der Umweltwiderstand in jedem Falle ein äußerst verwickelter Faktorenkomplex ist, dessen genaue Analyse stets mit den größten Schwierigkeiten verknüpft ist. Immerhin wird sich auf Grund unserer bisherigen Kenntnisse doch mancherlei sagen lassen, das ein tieferes Eindringen in das Problem ermöglichen und richtungweisend für weitere Untersuchungen sein wird.

Der Umweltwiderstand läßt sich in zwei Gruppen von Faktoren einteilen, biotische und abiotische. Die biotischen Faktoren wirken vor allem in Form der natürlichen Feinde, die man als Räuber, Parasiten und Krankheiten unterscheiden kann. Die große Bedeutung, welche diesen als Regulatoren der Populationsdichte bei den phytophagen Insekten zukommt, ist bei den Schädlingen vielfach untersucht worden

und allgemein bekannt. Über ihre Rolle bei den indifferenten Arten wissen wir praktisch nichts. Jede quantitative Analyse in dieser Richtung stößt infolge der geringen Populationsdichte der in Frage kommenden Arten auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten. Und doch ist gerade diese Frage von wesentlicher, wenn nicht entscheidender Bedeutung, denn der Gedanke liegt sehr nahe, daß die indifferenten Insekten möglicherweise durch besonders wirksame natürliche Feinde niedergehalten werden. Diese Vermutung ist besonders von Seiten der biologischen Bekämpfung in dem Bestreben, wirksame Feinde von indifferenten Insekten zu finden und diese bei der Bekämpfung nahe verwandter Schädlinge einzusetzen, geäußert worden. Sie hat ohne Zweifel etwas Bestechendes und bedarf näherer Erörterung.

Die Räuber sind fast immer polyphag, ja pantophag; wenige Gruppen sind oligophag (z. B. *Coccinellidae* — *Aphidae*). Spezifische, d. h. monophage Räuber sind mir nicht bekannt und sicher große Ausnahmen. Es ist nicht vorstellbar, daß etwa ein Singvogel oder auch irgendein Raubinsekt die indifferenten Kiefernspanner erbeutet, *piniarius* aber verschont, oder daß ein Räuber nur *C. histrionana* angreift, die gradierenden Cacoecien aber verschmäht.

Die Parasiten sind schwieriger zu beurteilen. Als solche kommen bei den pflanzenfressenden Insekten fast ausschließlich Schlupfwespen und Raupenfliegen in Frage. Monophagie scheint hier öfter vorzukommen, doch stellt sich mit dem Fortschreiten unserer Kenntnisse immer mehr heraus, daß die meisten, ursprünglich für monophag gehaltenen Parasiten einen mehr oder weniger großen Kreis von Wirten, wenn auch oft nur nahe verwandter Arten befallen. Über die Parasiten indifferenter Insekten ist so gut wie nichts bekannt. Um so mehr wissen wir über die Parasiten der Schädlinge. Wenn man die Literatur aufmerksam studiert, so erhält man den Eindruck, daß ein Schädling um so mehr Parasiten hat, je wichtiger er ist. Dies besagt natürlich nur, daß die Parasiten der Großschädlinge besser bekannt sind, als die weniger wichtigen Arten. Jede neue Gradation, die epidemiologisch genau verfolgt wird, macht uns mit neuen Parasiten des betreffenden Schädlings bekannt, und wir sind nicht berechtigt zu sagen, daß wir die Parasitenverhältnisse auch nur eines einzigen Insekts vollständig kennen. Von *C. fumiferana* sind bis jetzt allein im östlichen Kanada über 60 Parasiten bekannt, von *murinana* nach Franz (1940) etwa 35 und von der indifferenten *histrionana* nicht ein einziger. Es hat sich eben noch kein Mensch bisher um die Parasiten von *histrionana* gekümmert, und so geht es mit allen indifferenten Arten. Selbstverständlich hat auch *histrionana* Parasiten; ich selbst habe im vorigen Jahr einige gezogen, die allerdings noch der Determination harren. Wahrscheinlich haben alle drei Cacoecien, zum mindesten die das gleiche Verbreitungsgebiet bewohnenden, also *histrionana* und *murinana*, nahe verwandte, ja sogar zum großen Teil gleiche Parasiten. Mit unseren bisherigen Kenntnissen kommen wir also nicht weiter, und ich bin der Überzeugung, daß gerade die Parasitenfrage eingehender Untersuchung bedarf, um das Problem der Indifferenz seiner Lösung näherzubringen. Die Frage, ob die indifferenten Insekten durch besonders wirksame oder besonders zahlreiche Parasiten dauernd niedergehalten werden, muß daher vorläufig noch unbeantwortet bleiben. Wir wissen nur, daß die gradierenden Arten trotz ihrer zahlreichen und teilweise sehr wirksamen Parasiten nicht an Massenvermehrungen verhindert werden.

Ganz ähnlich, vielleicht noch problematischer, steht es in dieser Hinsicht mit unserer Kenntnis der Krankheiten (Mykosen, Bakteriosen, Virosen). Die Bedeutung mancher derselben (*Empusa aulicae Reich* bei der Forleule, Wipfelkrankheit der Nonne u. a.) als gradationshemmende Faktoren ist seit langem bekannt. Ganz besonders augenfällig wurde dieselbe durch die Erfolge, die man in Kanada bei der Bekämpfung eines wichtigen Forstschädlings, der Fichtenblattwespe *Gylpinia polyloma HTG.*, mit Hilfe einer Viruskrankheit erzielt hat. Trotzdem steckt das Studium der Insektenkrankheiten noch in den Kinderschuhen. Die Fortschritte, die man in der letzten Zeit besonders bei dem Studium der Virosen gemacht hat, zeigen, daß sie offenbar viel weiter verbreitet und häufiger sind, als man bisher annahm. Welche Bedeutung ihnen in dünnen Populationen zukommt und damit auch die Frage, ob sie als gradationshemmender Faktor zur Erklärung der Indifferenz in Frage kommen, muß noch offen bleiben. Die bisher weitverbreitete Anschauung, daß sie lediglich oder doch vorwiegend in dichten Populationen als sogenannte Übervölkerungserscheinung auftreten, scheint in dieser Form nicht haltbar zu sein. So müssen auch hier weitere Untersuchungen über ihre Bedeutung für das Problem der Indifferenz abgewartet werden, ehe ein Urteil möglich ist.

Daß die Nahrung, die gleichfalls zu den biotischen Umweltfaktoren gehört, in unserem Fall als vermehrungsbeschränkender Faktor nicht in Frage kommt, sei nur nebenbei erwähnt. Sie steht den indifferenten Arten, etwa dem Fichtentriebwickler, genau so unbeschränkt zur Verfügung, wie den an derselben Fraßpflanze lebenden zahlreichen gradierenden Arten.

Als entscheidender abiotischer Umweltfaktor kommt für die Insekten, wie für alle Poikilothermen das Klima in Frage. Die Klimaabhängigkeit eines Insekts wird durch seine erblich festgelegte spezifische Reaktionsnorm bestimmt und ist für die Verbreitung und Populationsdichte der Art entscheidend. Sie ist von Art zu Art, aber auch innerhalb der Entwicklungsstadien einer Art verschieden. Entscheidend für das Schicksal einer Art ist im allgemeinen das Stadium mit der geringsten ökologischen Valenz (Hesse, 1924), d. h. im Hinblick auf das Klima mit dem engsten vitalen Bereich. Durch die spezifische Klimaabhängigkeit wird das klimatische oder potentielle Verbreitungsgebiet (Eidmann, 1941) begrenzt, außerhalb dessen die Existenz für die betreffende Art nicht möglich ist. Ob dasselbe wirklich besiedelt wird, hängt von weiteren ökologischen Faktoren ab, in erster Linie von der Nahrung. In unserem Falle, wo es sich um monophage Pflanzenfresser handelt, ist das Verbreitungsgebiet der spezifischen Nährpflanze für das effektive Verbreitungsgebiet *(Wohngebiet)* entscheidend. Nur wo sich das erstere mit dem potentiellen Verbreitungsgebiet überschneidet, kann die Art vorkommen. Im klimatischen Verbreitungsgebiet ist die Populationsdichte sehr verschieden, d. h. die Häufigkeit wechselt erheblich. Sie wird dort am höchsten sein, wo die Klimakonstellation am günstigsten, d. h. die Mortalität am geringsten ist, also im klimatischen Optimum. Je mehr sich die Klimabedingungen verschlechtern und die Mortalität steigt, desto geringer wird die Populationsdichte. Normalerweise nimmt sie nach den Grenzen des potentiellen Verbreitungsgebietes immer mehr ab, bis das Pessimum mit der 100% Isomortale erreicht ist. Gewiß ist die klimatisch bedingte Mortalität nicht allein für die Populationsdichte ausschlaggebend, sie ist aber ihre unbedingte Voraussetzung. Eine Massenvermehrung kann nur in einem Gebiet auftreten, in dem die Klimakonstellation eine Übervermehrung *(Egression)* erlaubt. Daher kommt es, daß Schadinsekten nur in einem verhältnismäßig kleinen Teil

ihres Gesamtverbreitungsgebietes, dem sogenannten Schadgebiet *(Massenwechselgebiet)* schädlich werden. Von dieser Regel ist mir nur eine einzige Ausnahme bekannt geworden, nämlich der Eichenwickler *Torlrix viridana L.*, der nach neueren Untersuchungen von Röhrig (noch nicht veröffentlicht) offenbar in seinem ganzen Wohngebiet in Massenvermehrung aufzutreten vermag. Über die Ursache dieses Verhaltens wird weiter unten noch einiges zu sagen sein. In der Regel umfaßt das Schadgebiet, wie erwähnt, nur einen Bruchteil des effektiven Verbreitungsgebietes, während der Rest dadurch ausgezeichnet ist, daß in ihm keine Massenvermehrungen auftreten, weshalb er als Zone der Indifferenz bezeichnet sei.

Dies hat zwei Gründe: Erstens ist der ökologische Begriff der Massenvermehrung mathematisch ebenso wenig zu erfassen wie der wirtschaftliche des Schadens. Wann beginnt die Massenvermehrung, wann der Schaden? Wohl könnte man für bestimmte Schädlinge durch Festlegung eines jeweils angenäherten Grenzwertes für die Populationsdichte eine mathematisch faßbare Definition geben und hat dies auch durch Einführung der sogenannten kritischen Zahlen versucht; doch gelten auch diese nur für eine bestimmte Faktorenkombination (Bestandsalter, Bonität, Kronenschluß usw.). Eine generelle Regelung von allgemeiner Gültigkeit erscheint dagegen völlig ausgeschlossen, da die Grenzwerte für die Populations-

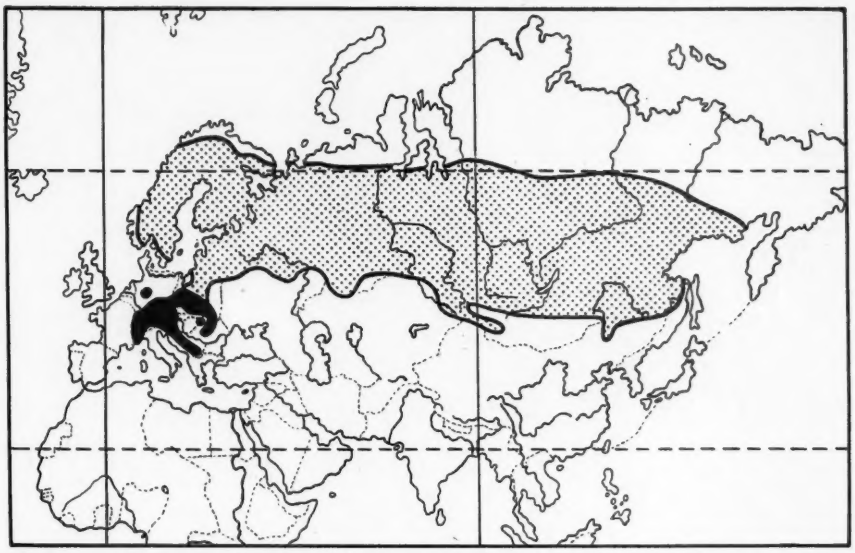


Fig. 1. Verbreitungsgebiet des Fichtentriebwicklers, *Cacoecia histrionana Froel* (schwarz) im Verhältnis zum Verbreitungsgebiet der Fichte (punktiert). Orig.

Man kann also im gesamten Verbreitungsgebiet eines Schädlings zwei Zonen unterscheiden, die Zone der Indifferenz und die des Massenwechsels. Letztere hat man aus praktischen Gründen nochmals aufgeteilt in eine Zone gelegentlicher und eine solche regelmäßiger Massenvermehrungen *(Hauptschadgebiet)*. Man kommt dann zu folgender Aufteilung:

1. Letale Zone — außerhalb des Verbreitungsgebietes.
2. Zone der Indifferenz — ohne Massenvermehrungen.
3. Zone des Massenwechsels *(Schadgebiet)*

a) mit gelegentlichen Massenvermehrungen,

b) mit regelmäßigen, vielfach periodischen (Eidmann, 1937) Massenvermehrungen *(Hauptschadgebiet)*.

Man hat für zahlreiche Schadinsekten die Schadgebiete empirisch mehr oder weniger genau festgelegt. Auch hat es nicht an Versuchen gefehlt, die Grenzen der Schadgebiete mit Klimagrenzen in Einklang zu bringen, doch sind die Ergebnisse vielfach wenig überzeugend. Auch ich habe mich lange bemüht, die obengenannten Zonen mathematisch exakt zu erfassen, ohne jedoch zu einem Ergebnis gekommen zu sein. Zwar ist die letale Zone als das Gebiet mit einer Mortalität von 100% und einem Vermehrungskoeffizienten von Null leicht zu definieren. Die beiden anderen hier vor allem wichtigen Zonen sind dagegen einer mathematischen Definition nicht zugänglich. dichte der Schadgrenze bei den einzelnen Arten außerordentlich verschieden sind. Zweitens ist das Klima allein für das Zustandekommen einer Massenvermehrung nicht entscheidend. Wohl sind Massenvermehrungen nur unter bestimmten Klimabedingungen möglich, doch können solche infolge anderer ökologischer Faktoren auch im potentiellen *klimalischen* Massenwechselgebiet unterbleiben. Schließlich ist auch das Klima selbst schwer zu definieren, zumal in der gemäßigten Zone mit ihren beträchtlichen Schwankungen; langjährige Mittelwerte sind aber nur bedingt brauchbar. Aus all diesen Gründen läßt sich auch das effektive Massenwechselgebiet im Gegensatz zu dem potentiellen Verbreitungsgebiet rechnerisch nicht ermitteln.

Trotz des zweifellos großen Mangels der Möglichkeit einer exakten Definition können wir die hier dargestellte zonale Einteilung des Verbreitungsgebietes sowie die damit zusammenhängenden Begriffe nicht entbehren. Sie werden uns gerade in der Frage der Indifferenz eine wichtige Hilfe sein, denn es ist leicht einzusehen, daß ein Insekt, dessen spezifische Nährpflanze nicht in seinem Massenwechselgebiet vorkommt, niemals schädlich werden kann, sondern indifferent bleiben muß. Erstreckt sich also m. a. W. das Verbreitungsgebiet der Nährpflanze nur in die Zone der Indifferenz, so ist die betreffende Art indifferent. Dieser Fall liegt offenbar bei *C. histrionana* vor. Eine sorgfältige Durchsicht der gesamten fau-

nistischen Literatur hat die genaue Festlegung des effektiven Verbreitungsgebietes dieser Art ermöglicht (Fig. 1). Dasselbe ist auf SO- und Mitteleuropa beschränkt. In Nord- und Osteuropa und ganz Nordasien fehlt die Art, obwohl ihre Nährpflanze, die Fichte, dort heimisch ist. *Histrionana* bewohnt also nur einen kleinen Bruchteil, nämlich den südwestlichsten Ausläufer des Verbreitungsgebietes ihrer Nährpflanze. Den Rest desselben zu besiedeln, war offenbar aus klimatischen Gründen nicht möglich. Wo die Grenze des Wohngebietes von *histrionana* das Fichtengebiet durchschneidet, liegt auch die Grenze des potentiellen Verbreitungsgebietes. Wie weit sich dieses jedoch noch südwestwärts über das Fichtengebiet hinaus erstreckt, ist unbekannt. Jedenfalls findet es nicht an der Grenze des Fichtenvorkommens sein Ende, wie die Tatsache beweist, daß *histrionana* der Fichte westwärts in ihr künstliches Anbaugebiet in Nordwestdeutschland, Frankreich, Belgien und Holland gefolgt ist. Es ist demnach mit Sicherheit anzunehmen, daß das potentielle Verbreitungsgebiet von *histrionana* sich süd- und westwärts noch erheblich über ihr effektives Verbreitungsgebiet hinaus erstreckt. Nichts hindert uns anzunehmen, daß in diesem nicht besiedelten, d. h. wegen Mangels der Nährpflanze nicht besiedelbaren Teil des potentiellen Verbreitungsgebietes das Massenwechselgebiet liegt, in dem allein Massenvermehrungen möglich sind. Damit aber haben wir eine zwanglose Erklärung dafür, daß *histrionana* in ihrem gesamten effektiven Verbreitungsgebiet indifferent ist. Ihre Klimaabhängigkeit stimmt nicht mit der ihrer Nährpflanze überein, sondern ist ihr gegenüber weitgehend verschoben, so weit, daß das klimatische Optimum des Insekts außerhalb des Verbreitungsgebietes seiner Nährpflanze liegt.

Um diese Annahme zur Gewißheit zu erheben, wäre es notwendig, die Klimaabhängigkeit von *histrionana* genau zu kennen. Dann nämlich könnte man das potentielle Verbreitungsgebiet berechnen und kartenmäßig festlegen. Untersuchungen dieser Art, die langwierig und methodisch nicht einfach sind, wurden bisher jedoch nur für wenige Großschädlinge durchgeführt. Die Berechnung des potentiellen Verbreitungsgebietes auf Grund solcher Untersuchungen ist meines Wissens bis jetzt nur in einem Fall, nämlich für die Nonne *Lymantria monacha* L. von Zwölfer (1935) ausgeführt worden. In diesem Falle stimmte dasselbe weitgehend mit dem effektiven Verbreitungsgebiet überein, da es sich um ein ausgesprochen polyphages Insekt handelt, bei dem der Nahrungsfaktor keine Begrenzung bedingt. Trotz der methodischen Schwierigkeiten sind weitere Untersuchungen dieser Art an indifferenten Insekten dringend erforderlich. Das Problem der Indifferenz ist — zumal in seinen praktischen Auswirkungen — wichtig genug für intensive Weiterarbeit.

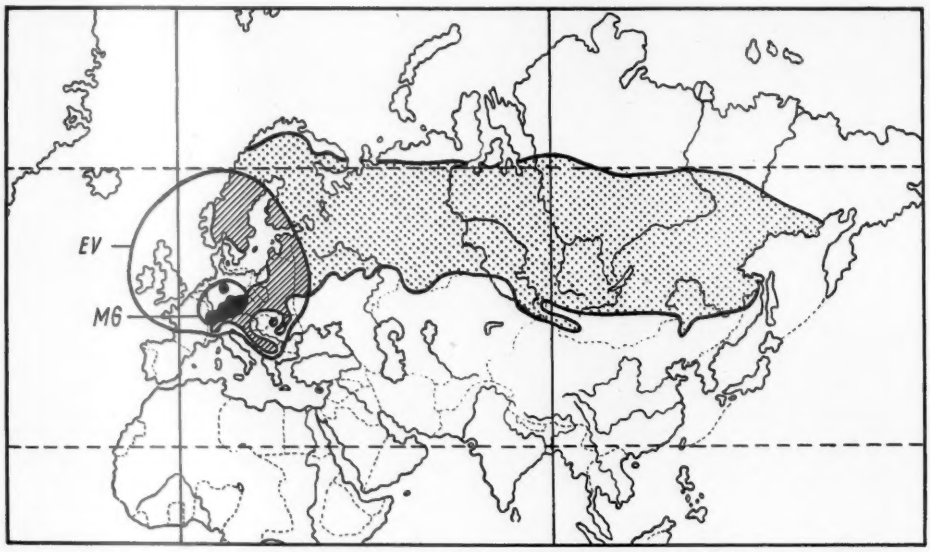


Fig. 2. Verbreitungsgebiet des Fichtennestwicklers *Epiblema tedella* Cl. Orig. nach den Ermittlungen von Cramer. EV = effektives Verbreitungsgebiet von *tedella*, MG = Massenwechselgebiet von *tedella*, punktiert = Verbreitungsgebiet der Fichte

Betrachten wir nun im Gegensatz hierzu eine gradierende Art, so haben wir uns vorzustellen, daß das Verbreitungsgebiet der Nährpflanze sich bei ihr in das Massenwechselgebiet hinein erstreckt und daß dadurch die Voraussetzungen zu Massenvermehrungen und daraus resultierenden Schäden gegeben sind. Als Beispiel sei ein gleichfalls monophag an der Fichte lebender Wickler, der Fichtennestwickler *Epiblema tedella* CL. genannt, dessen geographische Verbreitung und Schadgebiete durch Cramer festgelegt wurden (noch nicht veröffentlicht). Auch dieses Insekt kommt nur im südwestlichen Abschnitt des Fichtengebietes vor, geht aber sehr viel weiter nach Norden und Osten als *histrionana* (Fig. 2). Es erreicht seine Ostgrenze auf einer Linie, die annähernd von der Ukraine durch das Baltikum zum mittleren Skandinavien zieht. Nach Westen und Nordwesten hat *tedella* ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet weit überschritten und ist in das gesamte künstliche Anbaugebiet der Fichte in Frankreich, Belgien, Holland, NW-Deutschland, Dänemark, England und Irland vorgedrungen, ein Zeichen, daß auch hier das potentielle Verbreitungsgebiet erheblich größer sein muß als das effektive. Das Massenwechselgebiet umfaßt nach Cramer die mitteleuropäischen Mittelgebirge nördlich der Alpen (Fig. 2, MG).

Beim Eichenwickler *Tortrix viridana* L. endlich stimmt, wie oben erwähnt, das effektive Verbreitungsgebiet mit dem Verbreitungsgebiet der Nähr-

pflanze und dem Massenwechselgebiet überein. Das Verbreitungsgebiet der Nährpflanze, der Gattung *Quercus*, muß also in diesem Falle in seiner ganzen Ausdehnung im Massenwechselgebiet des Schädlings liegen. Dies ist möglich, weil *viridana* hinsichtlich seiner Klimaabhängigkeit ausgesprochen euryök ist. Figur 3 zeigt einen Versuch, die hier geschilderten drei Fälle schematisch darzustellen, womit natürlich alle Möglichkeiten noch keineswegs erschöpft sind.

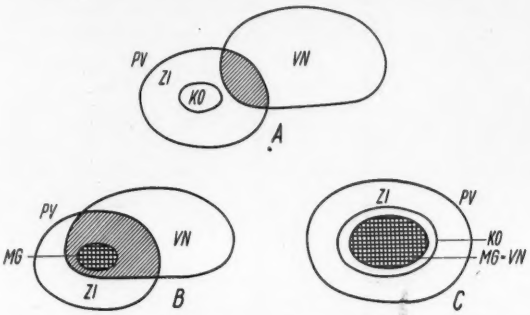


Fig. 3. Schematische Darstellung des Verbreitungsgebietes verschiedener Tortriciden im Verhältnis zu dem ihrer spezifischen Nährpflanze. Orig. A. *Cacoecia histrionana Froel.* B. *Epiblema tedella* Cl. C. *Tortrix viridana* L.

KO = Klimatisches Optimum
MG = Massenwechselgebiet
PV = Potentielles Verbreitungsgebiet
VN = Verbreitungsgebiet der Nährpflanze
ZI = Zone der Indifferenz
Schraffiert = effektives Verbreitungsgebiet.

Wie aus den vorstehenden Überlegungen hervorgeht, ist es durchaus denkbar, ja sogar sehr wahrscheinlich, daß die Indifferenz in vielen Fällen rein klimatisch zu erklären ist. Bei *C. histrionana* scheint dies im Hinblick auf seine geographische Verbreitung der Fall zu sein, wenn auch ein einwandfreier Beweis hierfür noch nicht erbracht ist. Dazu müßte seine Klimaabhängigkeit in allen Einzelheiten bekannt sein. Auch sind wir noch nicht in der Lage, andere ökologische Faktoren, wie z. B. die Parasiten und Krankheiten, als begrenzende Komponenten auszuschalten. Überhaupt habe ich nicht die Absicht, den Eindruck zu erwecken, daß das Problem der Indifferenz in allen Fällen klimatisch bedingt sei. Hierin liegt nur eine Möglichkeit der Erklärung, die ich allerdings für sehr wesentlich halte. Gerade das Parasitenproblem bedarf, worauf ich nochmals hinweise, in diesem Zusammenhange noch besonders eingehender Untersuchung. Die vorstehende Darstellung bezweckt nicht, fertige Ergebnisse vorzulegen, sondern vor allem das Problem der Indifferenz in seiner Bedeutung aufzuzeigen und Wege zu seiner Lösung zu weisen.

Eingegangen am 9. Mai 1949.

Literatur.

Brandt, H., Über die Änderung des Geschlechtsverhältnisses bei Insekten und ihre Ursachen. Arb. phys. ang. Ent. Berlin-Dahlem, **3** (1936). — Eidmann, H., Zur Epidemiologie der Forleule (*Panolis flammea* Schiff). Mittlg. Forstwirtsch. u. Forstwissensch., **5** (1934). - Zur Theorie der Bevölkerungsbewegung der Insekten. Anz. f. Schädlingskunde, **13** (1937). - Lehrbuch der Entomologie. Berlin (1941). — Franz, J., Der Tannentriebwickler (*Cacoecia murinana* HB.). Ztschr. f. ang. Ent. **27** (1940). — Freeman, T. N., A new generic assignment for *Archips fumiferana* (Clemens), the Spruce Budworm (*Lepidoptera, Tortricidae*). Canadian Entomologist (1947). — Hesse, R., Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena (1924). — Ratzeburg, J. T. Ch., Die Forstinsekten, **2**, Berlin (1840). — Schimitschek, E., Das Massenauftreten des Tannentriebwicklers (*Cacoecia murinana* HB.). in Niederösterreich 1929/1934. Ztschr. f. ang. Ent. **22** (1935). — Swaine, J. M., Craighead, F. C. und Bailey, J. W., Studies on the Spruce Budworm (*Cacoecia fumiferana*, Clemens). Dominion of Canada, Dept. Agric. Bull. Nr. 37, New Series (Technical), Ottawa (1924). — Swaine, J. M., The Spruce Budworm, *Archips fumiferana* Clemens, Canada, Dept. Agric., Forest Insect Invest. Special Circular. Ottawa (1944). — Wachtl, F. A., Die Weißtannen-Triebwickler. Wien (1882). — Zwölfer, W., Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) und ihre bevölkerungswissenschaftliche Auswertung. Ztschr. ang. Ent., **21** (1935).

Berichte.

Neuere Ergebnisse und Stand der Erforschung der planetarischen Nebel.

Von Karl Wurm, Hamburg-Bergedorf.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

I. Die Spektren der Nebelhüllen. Die Physik der Nebelhüllen.
- a) Das Nebelkontinuum.
- b) Die Elektronentemperaturen.
- c) Die hohen Intensitäten der verbotenen Übergänge.
- d) Die Elektronendichten.
- e) Zur Deutung der Mannigfaltigkeit der Nebelspektren.
- f) Zur Theorie des Strahlungstransportes.
- g) Weitere Beiträge zur Physik der Nebelhüllen.

II. Die Zentralsterne.
- a) Die Spektren der Nebelkerne.
- b) Die Temperaturen der Nebelkerne nach der Zanstramethode.
- c) Die absoluten Leuchtkräfte der Zentralsterne.

Zusätze:
- a) Die Geschwindigkeitsverteilung der freien Elektronen.
- b) Der Crabnebel.

Einleitung.

Die planetarischen Nebel sind hochverdünnte, meist auffallend symmetrisch angeordnete Gasmassen (Ellipsoidische Schalen), die durch einen im Innern des Nebels sitzenden Stern (Zentralstern oder Kern) zur Linienmission angeregt werden (siehe Fig. 1). Das Energiemaximum der Zentralsternstrahlung liegt im ferneren UV. Der primäre Vorgang in der Anregung besteht in einer Absorption der UV-Strahlung des Zentralsternes in den Grenzkontinua der Hauptserien der vorhandenen Atome und Ionen. Wasserstoff und Helium tragen wegen ihrer hohen kosmischen Häufigkeit den Hauptanteil bei der Absorption. Die physikalischen Bedingungen in einem Nebel sind in bezug auf Ionisations- und Anregungszustand, Strahlungsfluß und Strahlungsdichte stationär. Rekombinationsvorgänge erzeugen einen Teil der auftretenden Spektrallinien. Der größere Prozentsatz der beobachteten Atomübergänge verdankt jedoch seine Entstehung der Anregung durch die Stöße der freien Elektronen. Die Energieverluste der Elektronen infolge dieser Stoßanregungen werden ständig ausgeglichen durch die Überschußenergien, welche die Elektronen bei den Ionisierungsprozessen erhalten. Die Absorptionen (Ionisierungen) erfolgen nur aus den Grundzuständen. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Elektron nach der Rekombination in einen angeregten Zustand in diesem während der Verweilzeit von einem Lichtquant getroffen wird, ist wegen der hohen Strahlungsver-

dünnung (große Entfernung vom Zentralstern) verschwindend gering. Jeder Nebel wandelt die ursprüngliche UV-Strahlung des Zentralsterns um in Quanten kleinerer Energie, dies um so vollständiger, je größer die optische Dicke des Nebels in den Seriengrenzkontinua von Wasserstoff und Helium (sowie He II) ist. Ein vom H-Atom absorbiertes Quant der Sternstrahlung wird beispielsweise aufgeteilt in ein Quant des Balmerkontinuums und ein Ly α-Quant (Einfang nach $n = 2$). Alle Nebel zeigen eine vollständige und intensive Balmerserie. Die Helligkeit eines planetarischen Nebels kann im visuellen und photographischen Gebiet die Helligkeit des anregenden Zentralsternes weit übertreffen. Bei den aufgefundenen Nebeln ist dies fast durchweg der Fall. Man findet Differenzen bis zu rund 7 Größenklassen[1]) ($\sim$ Faktor 10^3). Noch größere Helligkeitsunterschiede lassen sich nicht ausschließen, da bei nicht wenigen Objekten die Erfassung des Zentralsternes noch nicht gelungen ist.

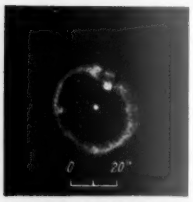


Fig. 1. Planetarischer Nebel NGC 6894 (H. D. Curtiss, Sick Publ. XIII).

In den Nebelspektren treten die sogenannten verbotenen Spektrallinien (elektr. Quadrupol und magn. Dipolstrahlung) mit besonders hoher Intensität auf. Vorwiegend durch diese Eigenart wurden die planetarischen Nebel über den engeren Kreis der Astronomen hinaus bekannt, nachdem vor nun mehr als zwanzig Jahren I. S. Bowen[2]) diese Linien als solche erkannte und einen großen Teil derselben identifizierte. Die intensivsten verbotenen Nebellinien haben folgende Träger: O III, O II, N II, Ne III, Ne V. Es sind dies Ionen der nach Wasserstoff und Helium häufigsten Elemente im Kosmos. Schon Bowen machte es wahrscheinlich, daß die Anregung der verbotenen Linien auf die Stöße der freien Elektronen und nicht auf Rekombinationsvorgänge zurückgeführt werden muß, was sich durch das weitere Studium der Nebelspektren nur bestätigt hat. Wegen ihrer nahen Lage an den Grundzuständen (2 bis 5 eV) sind die Ausgangsterme der verbotenen Linien (metastabile Zustände) besonders leicht durch Elektronenstöße anregbar. Die Übergangswahrscheinlichkeiten der in den Nebeln meistens beobachteten metastabilen Übergänge liegen nach Rechnungen von Condon[3]) und Pasternack[4]) zwischen 10^1 und 10^{-5}.

Die planetarischen Nebel sind eine seltene Erscheinung am Himmel. Sie treten aber nicht nur in der Milchstraße, sondern auch in anderen Sternsystemen auf. (Zu dieser Behauptung vergleiche jedoch die Bemerkungen in dem letzten Zusatz am Schluß dieses Berichtes.) Zwei Probleme allgemeinerer Bedeutung sind mit ihrer Existenz aufgeworfen: die Natur der hochtemperierten Zentralsterne und die Vorgeschichte der Nebelhüllen. Die Kerne der planetarischen Nebel liegen sicherlich an der Spitze der Temperatursequenz der Sterne und überschreiten sehr wahrscheinlich teilweise 150 000°. Die verflossenen zwanzig Jahre seit der Deutung der Nebellinien, in denen eine große Aktivität in der Erforschung der Nebel entfaltet wurde, haben nicht ausgereicht, um befriedigende Klarheit in bezug auf die Stellung der Nebelkerne (Lage im Hertzsprung-Russel-Diagram) und die Kosmogonie der Nebelhüllen zu erreichen. Eine Entstehung von Nebelhüllen um Sterne durch Abtrennung von Materie von der Sternoberfläche beobachtet man in den nicht seltenen Novaeerscheinungen. Die Oberflächentemperaturen der Kerne der Novae sind sicherlich ebenfalls gleich oder ähnlich hoch wie die der planetarischen Nebelkerne. Die planetarischen Nebel einfach als ein späteres Stadium in der Entwicklung der Novae aufzufassen liegt zwar nahe, erfordert aber dann zumindest die Einschränkung, daß nur ein kleiner Prozentsatz besonders ausgezeichneter Individuen unter den Novae sich zu einem typischen planetarischen Nebel zu entwickeln vermag. Würde jede Nova zur Ausbildung eines planetarischen Nebels führen, so sollten letztere wesentlich häufiger sein, andererseits liefert ein einzelner Novaausbruch sicher nicht genügend Masse zur Ausbildung einer hellen planetarischen Nebelhülle.

Die über das Spektrum hinausgehende Erforschung der Nebelkerne (Temperatur, Radien und Leuchtkräfte) wird bei einer Beschränkung auf den Kern selbst kaum zum Erfolg führen. Für Sterne dieser hohen Temperaturen existiert keine Atmosphärentheorie, die evtl. Rückschlüsse auf Temperatur und Leuchtkraft gestatten würde, nicht einmal in Ansätzen. Die innerhalb des erfaßbaren Bereiches sehr schwache Neigung der Planckschen Kurve des Sternkontinuums erlaubt keine Temperaturangabe von irgendwelchem Wert. Trigonometrische Parallaxen verdienen wegen der zweifellos großen Distanzen der Nebel sehr wenig Vertrauen. Es scheint, daß Temperatur und Leuchtkraft eines Kernes letzten Endes nur über eine genauere Kenntnis der Eigenschaften der Nebelhülle (Absorption und Ausstrahlung, wahre Dimensionen der Hüllen) bestimmbar werden.

Fast gleichzeitig mit der Deutung der Nebuliumlinien durch Bowen publizierte Zanstra eine Methode, die es prinzipiell gestattet, die Temperatur der Nebelkerne aus einem Vergleich der Helligkeit von Nebellinien (proportional der absorbierten UV-Strahlung in bestimmten UV-Bereichen) mit der Helligkeit des Kernkontinuums abzuleiten. Das Zanstrasche Verfahren erwies sich zwar als nützlich, aber als sehr ungenau. Der Mangel liegt in einer ungenügenden Kenntnis des Strahlungsumsatzes (Transformation der UV-Quanten in langwellige Quanten) im Nebel. Die Möglichkeit einer Verbesserung der Methode liegt jedoch, wie wir später noch ausführen werden, auf der Hand.

Die angedeutete Situation in der Erforschung des Nebelproblems macht es verständlich, daß die Anstrengungen innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte wenn auch durchaus nicht ausschließlich, so doch vorwiegend sich auf zwei Teilprobleme konzentrierten: 1. Die Physik der Nebelhüllen. 2. Die Erforschung der Zusammensetzung und der Mannigfaltigkeit der Spektren der Nebelkerne. Mehr systematisch ist das Studium der Kernspektren eigentlich erst relativ kürzlich aufgegriffen worden. Die mit wenigen Ausnahmen geringen scheinbaren Helligkeiten der Kerne verlangen lichtstarke Instrumente. In roheren Zügen wurden die Spektren von 30 Nebelkernen schon vor 30 Jahren durch eine umfangreiche spektroskopische Arbeit an Nebeln von W. H. Wright[5]) bekannt. Die Wrightsche Publikation verdient auch heute noch besonderer Erwähnung wegen ihres großen Reichtums an vorzüglichen Beobachtungen (Spektren von 47 Nebelhüllen). Ihre Konsultation wird sicherlich noch für eine lange Zeit hinaus nicht überflüssig werden.

Wir besprechen anschließend die wichtigsten Arbeiten des letzten Jahrzehnts, greifen jedoch gelegentlich auch noch auf besonders wichtige früher liegende Publikationen zurück.

I. Die Spektren der Nebelhüllen. Die Physik der Nebelhüllen.

Die Physik der Nebelhüllen stellt die Astrophysiker vor wesentlich andere Probleme als die Theorie der normalen Sternatmosphären (Fraunhoferspektrum), die weitgehend mit dem Begriff eines lokalen thermischen Gleichgewichts (Temperaturschichtung) operieren darf. In den Nebelhüllen (wie praktisch in allen Sternatmosphären mit Emissionslinien) ist das Wärmegleichgewicht vollständig zusammengebrochen, man hat auf die Elementarprozesse zurückzugehen. Es bedeutet dies zunächst, daß für alle oder doch die wichtigsten Nebelemissionen die verantwortlichen Anregungsprozesse ausfindig zu machen sind. Abgesehen von einigen geringeren, in der gegenwärtigen Situation noch nicht so sehr ins Gewicht fallenden Unsicherheiten, fand diese Frage qualitativ eine relativ einfache Beantwortung*), die oben schon angedeutet wurde. Die normalen Linien (Dipolübergänge von H, He, He II) entstehen vorwiegend durch den Rekombinationsvorgang, die verbotenen Linien durch Elek-

*) Bowen, I. S.

tronenstoß. Die Fluoreszenzanregung durch das Sternkontinuum, obwohl exakt noch nicht erfaßt, ist sicherlich in ihrem Anteil nicht bedeutend (geringe Frequenzbreite der Linien im Vergleich zur Ausdehnung der Seriengrenzkontinua). Dagegen macht sich in einigen Linien ganz auffallend eine Fluoreszenzanregung durch solche UV-Linien bemerkbar, die im Nebel selbst im Anschluß an die Rekombinationen entstehen *). Die He II-Linie λ 303,780 koinzidiert zufällig mit der O III-Linie λ 303,799. Diese und andere Koinzidenzen schaffen eine ganze Anzahl sehr kräftiger Emissionen. Eine Eigenfluoreszenz der sekundären UV-Strahlung (Ly β, Ly γ ... bei H und He II) ist ebenfalls vorhanden, wird aber bei stark expandierenden Hüllen (Verstimmung der Frequenzen infolge Dopplereffekte) abgeschwächt.

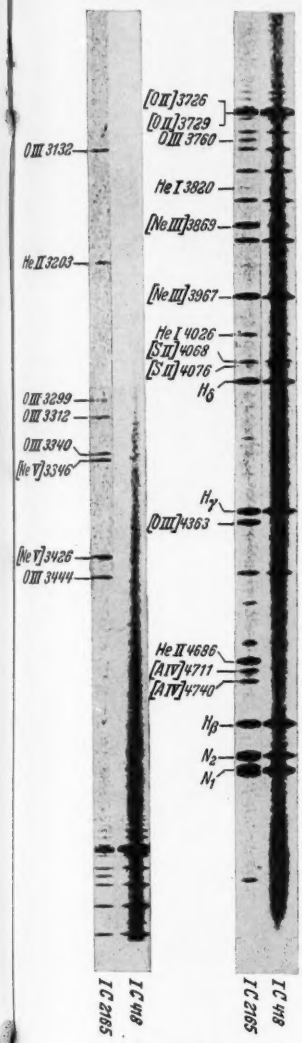


Fig. 2. Spektren der plan. Nebel IC 418 und IC 2165 (P. Swings und P. Struve, Ap. J. 96, 1942).

a) Das Nebelkontinuum. Relativ neueren Datums ist der in verschiedener Hinsicht sehr wichtige Nachweis eines das ganze zugängliche Spektralgebiet durchziehenden allgemeinen Nebelkontinuums durch P. Swings und O. Struve[6]) (vgl. Fig. 2). Dasselbe ist im phothographischen Gebiet von nahezu derselben Intensität wie das Balmerkontinuum. In Aufnahmen geringerer Auflösung war dieses Kontinuum schon früher in einigen Nebeln festgestellt worden[7]), die aber die Deutung als ein durch das Zusammenfließen von schwachen Linienemissionen entstehenden scheinbaren Kontinuums nicht ausschließen konnten. Diese allgemeine kontinuierliche Emission scheint eine Eigenschaft aller Nebel zu sein. Im Vergleich zu der Linienemission der Hülle ist es in Nebeln hoher Ionisation und Anregung schwächer als in solchen geringerer Ionisationshöhe. Träger und Anregungsmechanismus sind bisher unbekannt geblieben. Eine Deutung als Paschenkontinuum oder als frei-frei-Strahlung (Hyperbelübergänge an H-Kernen oder Rümpfen anderer Atome) ist wegen der relativ hohen Intensität im Vergleich zum Balmerkontinuum nicht möglich. Eine Bindung an negativen Ionen scheint wegen der Intensitätszunahme bei schwächerer Ionisation wahrscheinlicher. Die Gesamtintensität pro Frequenzeinheit über den ganzen Nebel gerechnet, kann die Intensität des Zentralsternkontinuums weit übersteigen ($\sim$ Faktor 10 bei NGC 7662 nach Page. loc. cit.). Wahrscheinlich trifft dies bei allen Nebeln zu, die eine größere Helligkeitsdifferenz zwischen Nebel und Nebelkern zeigen (genügende Nebelmasse). Eine Verhüllung der Zentralsterne tritt deshalb im allgemeinen nicht ein, da die Nebelemission sich auf eine größere Fläche verteilt. Es sei noch bemerkt, daß eine Deutung des Nebelkontinuums als Streulicht des Kernes an den freien Elektronen der Hülle sicher nicht in Frage kommt.

*) Ebenfalls von Bowen, I. S. gedeutet.

b) Die Elektronentemperaturen. Zu den ersten Zielen der Nebelphysik gehörte die Bestimmung der Elektronendichten und der mittleren Elektronengeschwindigkeiten (Elektronentemperaturen). Von diesen ist die erste Frage auch bis zur Gegenwart noch nicht sehr befriedigend beantwortet, in bezug auf die Elektronentemperaturen ist die Beantwortung besser, obwohl in gewisser Hinsicht auch noch unvollständig. Man versuchte zunächst die mittleren Elektronengeschwindigkeiten aus Intensitätsmessungen in der Balmerserie und dem Balmerkontinuum zu ermitteln. Die Intensitäten in der Balmerserie (Balmerdekrement) sowie im Balmerkontinuum sind von der Temperatur der rekombinierenden Elektronen abhängig. Die Versuche führten nicht zu einem vollen Erfolg. Theoretische Berechnungen, die zuerst von Cillié[8]) durchgeführt wurden, legten die zu schwache Abhängigkeit der Intensitäten von der mittleren Geschwindigkeit der Elektronen offen. Verfälschungen der wahren Intensitäten durch interstellare Absorption, Überlagerungen durch fremde Emissionen und atmosphärische Einflüsse verwehren die Gewinnung sehr exakter photometrischer Daten. Immerhin berechtigten die Ergebnisse zu dem Schluß, daß die Elektronentemperaturen wesentlich niedriger sind als die Temperaturen der anregenden Zentralsterne. Der zweite, erfolgreichere Weg knüpft an die Anregungstemperaturen der durch Elektronenstoß angeregten metastabilen Niveaus an. Eine Anzahl der mit verbotenen Linien auftretenden Ionen (O I, O II, O II, N I, N II, Ne III) besitzt gleichzeitig zwei um einige Volt getrennte metastabile Niveaus, die beide ins photographische Gebiet fallende Linien liefern. Die exakte und für jede Dichte der anregenden Elektronen geltende Behandlung des Zusammenhanges zwischen der Elektronentemperatur und den relativen Besetzungszahlen bzw. den relativen Linienstärken ist etwas verwickelt und erfordert eine genauere Kenntnis der Elektronendichten. Es läßt sich jedoch für manche Nebel begründen, daß folgende vereinfachende Annahme berechtigt ist. Beide Niveaus werden allein aufgefüllt durch Stöße aus den Grundzuständen, die Entleerung geschieht nur durch Abstrahlung. Entleerende Stöße (Stöße zweiter Art) fallen gegenüber den Strahlungsübergängen nicht ins Gewicht. Um die Geschwindigkeitsverteilung der anregenden Elektronen zu ermitteln, ist dann außer den bekannten Linienintensitäten noch eine Kenntnis der Anregungsquerschnitte $\sigma(v)$ für die beiden Niveaus erforderlich. Die $\sigma(v)$ sind nur durch quantenmechanische Berechnungen zu erlangen. Für einen Fall ([O III]) sind entsprechende Rechnungen von Hebb und Menzel[9]) durchgeführt worden. Unter Anwendung der berechneten Querschnitte kamen Menzel, Aller und Hebb[10]) zu den in der untenstehenden Tabelle zusammengestellten Resultaten. Die Temperaturen bewegen sich zwischen 6000° und 10 000°. Der mit 27 000° herausfallende Wert für IC 4997 ist insofern illusorisch, als die oben erwähnte vereinfachende Voraussetzung für dieses Objekt nicht mehr zutrifft. IC 4997 ist ein Nebel besonders hoher Dichte, bei dem sich Stöße, welche die metastabilen Atome stören, schon stark bemerkbar machen müssen. In solchen Fällen ist zur Temperaturbestimmung eine genaue Kenntnis der Elektronendichten erforderlich.

Tabelle 1

Nebel	T_ε
NGC 6543	6 000
6826	7 200
6572	9 200
7009	9 500
7027	9 500
7662	10 300
IC 418	6 800
NGC 1535	10 000
J 320	10 100
NGC 6210	7 100
IC 4997	(27 000)

Die Tabelle 1 bestätigt mit exakteren Zahlen, was schon länger über die Elektronentemperaturen in Sternhüllen bekannt war und nicht nur für die planetarischen Nebel allein gilt. Die Elektronentemperaturen fallen im Vergleich zu den Oberflächentemperaturen der anregenden Sterne sehr niedrig aus. Man kann dies ohne nähere Rechnung schon unmittelbar aus den niedrigen Anregungstemperaturen der durch Stoß angeregten Terme schließen. Die Ursache liegt eben darin, daß durch die Existenz von Atomen und Ionen mit Termen kleiner Energien die Bedingungen für starke Energieverluste der Elektronen geschaffen sind. In

einem reinen Wasserstoffnebel würden die Elektronentemperaturen, wie Baker, Menzel und Aller[11]) gezeigt haben, wesentlich näher an den Zentralsterntemperaturen liegen. Eine prozentual sehr geringe Beimischung von „Verunreinigungen" mit leicht anregbaren Termen läßt die mittleren Elektronengeschwindigkeiten sofort stark absinken. Soweit bekannt, treffen wir in astrophysikalischen Atmosphären mit Emissionsspektren nur in der Sonnenkorona auf sehr hohe mittlere Elektronengeschwindigkeiten. Deren Aufrechterhaltung wie überhaupt der ganze Mechanismus der Energienachlieferung in der Korona ist nach wie vor dunkel.

Die oben in der Tabelle aufgeführten T_ε gelten nicht ohne weiteres für die volle Ausdehnung der Nebelhüllen, sondern nur für die Emissionszonen der [O III]-Linien, aus deren Anregungstemperaturen sie abgeleitet sind. In bezug auf die Ionen verschiedener Ionisationspotentiale sind die Nebelhüllen nämlich nicht gleichmäßig durchmischt. Bei Nebeln mit einigermaßen homogener Dichte tritt eine klar ausgeprägte Ionisationsschichtung ein. Spaltlose Spektrogramme zeigen ein System von Ringen (vgl. Fig. 3). Innerhalb des photographischen Bereiches zeigt He II den kleinsten und [O II] λ 3727 den größten Ringdurchmesser. Auf weiter ins ultraviolette Gebiet reichenden Aufnahmen erkennt man bei Objekten hoher Anregung innerhalb des He II noch [Ne V]. Außerhalb der [O III]-Emissionsgebiete können die Elektronentemperaturen von den angegebenen Werten abweichen, daß sie wesentlich höher liegen, ist jedoch sehr unwahrscheinlich.

c) Die hohen Intensitäten der verbotenen Übergänge. Im Zusammenhang mit dem Problem der Anregung der verbotenen Linien muß erwähnt werden, daß die ursprünglich gegebene Begründung für das starke Erscheinen dieser Übergänge in den Nebeln sich als unzutreffend erwiesen hat. Die ältere Auffassung, welche bis heute noch nicht gänzlich aus der Literatur verschwunden ist, sah die Hauptursache für die hohe Intensität der Linien in dem Wegfallen der die metastabilen Atome störenden Stöße (Stöße zweiter Art) bei den extrem niedrigen Nebeldichten. Das Auftreten von metastabilen Übergängen ist in astrophysikalischen Lichtquellen zwar zweifellos durchweg an geringe Gasdichten gebunden, jedoch handelt es sich bei dem Dichteeinfluß in Wirklichkeit gar nicht um eine Begünstigung der Ausstrahlung für verbotene Linien, sondern um eine Benachteiligung der normalen Emissionen, wie beispielsweise der Wasserstoffemission (Balmerlinien), auf die man die Stärke der verbotenen Linien meist stillschweigend bezieht[12]). Da in Hüllen die Anregung der Balmerlinien vorwiegend durch Wiedervereinigung geschieht, so variiert die Ausstrahlung pro Volumeneinheit mit fallender Dichte proportional $N_{H^+} \cdot N_\varepsilon \cong N_\varepsilon^2$ (N_{H^+} = Ionendichte, N_ε = Elektronendichte). Nachweislich ändert sich aber die Ausstrahlung in einer verbotenen Linie bis zu extrem kleinen Dichten nur proportional mit N_ε. In einer der Zusammensetzung nach (chem. Zusammensetzung, Ionisation) gleichbleibenden Mischung wächst somit das Intensitätsverhältnis der verbotenen Linien zu den normalen bei fallender Dichte mit N_ε^{-1} an. Die lineare Abhängigkeit ($\sim N_\varepsilon$) bei den metastabilen Linien ist dadurch bedingt, daß bei hohen und geringen Dichten bis zu einer sehr niedrig liegenden Grenze hin die stationären Besetzungszahlen der metastabilen Niveaus über den ganzen Nebel gerechnet unverändert konstant bleiben. Mit anderen Worten: die relative Besetzung von einem metastabilen und dessen Grundniveau ($N_m : N_0$) bleibt dichteunabhängig.

Die Bindung des Erscheinens der verbotenen Linien an extrem kleine Gasdichten würde übrigens wegfallen, falls die Träger der verbotenen Linien (O, N, Ne) von gleicher Häufigkeit wären, wie Wasserstoff und Helium, und höhere Elektronentemperaturen vorlägen. Bei der im Kosmos bestehenden Häufigkeitsverteilung kann sie durch eine Erhöhung der Elektronentemperatur (höhere relative Besetzung $N_m : N_0$) schon stark abgeschwächt werden, wie das Beispiel der Sonnenkorona auch unmittelbar beweist ($N_\varepsilon \cong 10^8\,\mathrm{cm}^3$). Die sehr unklaren Vorstellungen in bezug auf die Ausstrahlung in den verbotenen Linien haben sich in mancher Richtung hemmend auf den Fortschritt im Verständnis der Physik der emittierenden Atmosphären ausgewirkt.

d) Die Elektronendichten. Menzel und Aller[13]) haben versucht, die Elektronendichten in Nebeln aus der Größe der absoluten Ausstrahlung im Balmerkontinuum und den Balmerlinien zu ermitteln. Die Emission im Balmerkontinuum pro Volumeinheit ist exakt proportional $N_{H^+} \cdot N_\varepsilon$, die der Balmerlinien sehr angenähert proportional dieser Größe. Da Wasserstoff als vollständig ionisiert betrachtet werden kann und praktisch alle Elektronen liefert, so ist $N_{H^+} \cong N_\varepsilon$. Der von den genannten Autoren beschrittene Weg verlangt eine Kenntnis der Nebelentfernungen und Nebelvolumina. Die von Menzel und Aller benutzten Parallaxen sind jedoch so schlecht verbürgt, daß den Resultaten für individuelle Objekte wenig Gewicht beizulegen ist. Man ist vorläufig gezwungen, in jedem Falle einen weiteren Spielraum offenzulassen, der bei Nebeln mit geringer Oberflächenhelligkeit von 10^2 bis 10^4 (Elektronen pro cm^3) und bei größerer Oberflächenhelligkeit von 10^3 bis 10^6 reicht. Es ist selbstverständlich nicht anzunehmen, daß alle Nebel in allen Teilen von gleicher Dichte sind. Helligkeitsschwankungen im Nebelbild und filamentartige Strukturen deuten dies zur Genüge an. Wegen der quadratischen Abhängigkeit aller Anregungsprozesse von der Dichte wäre es aber falsch, daraus sofort auf grobe Dichteschwankungen, die in die Größenordnungen gehen, zu schließen.

Fig. 3. Spaltloses Spektrum des Nebels NGC 6720 (H. D. Wright, Lick Publ. XIII).

e) Zur Deutung der Mannigfaltigkeit der Nebelspektren. Als einen besonders ernsten Mangel in dem gegenwärtigen Zustand der Physik der Nebel muß man das noch sehr geringe Verständnis für die Mannigfaltigkeit der Nebelspektren ansehen. Ein Analogon zu der Theorie der thermischen Ionisation und Anregung in Sternatmosphären, die bereits ein weitgehendes Verständnis der empirisch gefundenen Sequenz der normalen Sternspektren (Spektralklassen) lieferte, besteht für die Nebel nicht. Ältere Versuche, Nebel nach ihren Spektren nach steigender Anregung (Aufstellung einer Anregungssequenz) anzuordnen, sind neuerdings mit einem größeren, einheitlich hergestellten Material von rund 60 Objekten durch Page wiederholt worden[14]). Es sei jedoch erwähnt, daß diese Aufgabe nicht das eigentliche Ziel der Arbeit darstellte; sondern diese sich in erster Linie auf das Studium der kontinuierlichen Emissionen richtete. Als Anregungskriterien benutzt der Autor in den unteren Anregungsklassen das Intensitätsverhältnis der [O II]- zu den [O III]-Linien, in den höheren Klassen das von $H\beta$ zu He II λ 4686. Ganz abgesehen davon, daß die einzelnen Klassen in bezug auf das Gesamtbild des Spektrums schon sehr wenig homogen sind, scheidet Page von vornherein etwa $^1/_5$ der Gesamtzahl der Spektren als peculiare Typen aus. Die pec. Objekte zeigen sowohl die unteren ([O II]) wie die höheren Ionisationsstufen (He II, [Ne V]) mit hoher Intensität. Gegen den Versuch der Aufstellung einer einparametrigen Anregungssequenz der Nebel läßt sich einwenden, daß die Existenz einer solchen von vorneherein schon auf Grund elementarer Überlegungen nicht zu erwarten ist. Es würde dies andernfalls bedeuten, daß nur ein Parameter wie etwa die Kerntemperatur die Zusammensetzung des Spektrums wesentlich bestimmt. Ionisation und Anregung im Nebel werden aber ebenfalls durch die Dichte, das Verhältnis von Sternradius zu Nebelradius (Strahlungsdichte), Hüllendicke und Hüllenmasse vergleichbar

stark wie durch die Kerntemperatur beeinflußt. Das Verständnis der Mannigfaltigkeit der Nebelspektren ist ohne Zweifel nicht ohne ein Studium der Geometrie sowie der Dichten und der Massen der Hüllen zu gewinnen.

Eigentümlicherweise ist dem Einfluß wechselnder Hüllenmasse auf das Gesamtbild eines Nebelspektrums bisher überhaupt kaum Beachtung geschenkt worden. Geht man dieser Frage etwas näher nach[15]), so zeigt sich, daß es zumindest keine Schwierigkeiten bietet, unter den Nebeln hoher Anregung Objekte besonders großer und besonders geringer Gesamtmasse als solche zu erkennen. Es gelingt dies an Hand von zwei einfachen Kriterien. Nebel geringer Masse sind ausgezeichnet durch einen relativ engen Ionisationsbereich und eine kleine Differenz Δm zwischen Nebel- und Sternhelligkeit, für Nebel großer Gesamtmasse gilt das Umgekehrte. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß mit steigender Masse der Umsatz der UV-Strahlung des Sterns durch den Nebel vollständiger wird, und daß damit auch die Helligkeit des Nebels im Sichtbaren, im Vergleich zur Intensität der sichtbaren Kernstrahlung anwachsen muß. Vergleicht man die Spektren von Nebeln mit großen Helligkeitsdifferenzen Δm von Hülle und Kern mit solchen kleiner Δm, so findet man in den ersteren das Intensitätsmaximum in der Gesamtheit der Linien stark zu niedrigen Ionisationsstufen verschoben. [O II], [N II] sowie [O I] und [N I] treten gleichzeitig neben den hohen Anregungen (He II, [Ne V]) mit besonders großer Intensität auf. Bei Nebeln von geringer optischer Dicke (kleiner Masse) im UV fehlen die unteren Ionisationsstufen oder sind extrem schwach. Wie schon erwähnt wurde, findet man die hohen Ionisationsstufen gewöhnlich am inneren Rand, die untersten am äußersten Rand der Nebelhülle. Die Existenz einer äußeren O II- — O I-Zone besagt, daß in den mehr inneren Hüllenteilen die kurzwelligere UV-Strahlung des Zentralsternes bereits vollständig absorbiert wird. Die optisch dicken Nebel (große Nebelmasse) haben im Spektrum also die Eigenschaft, die bei dem oben erwähnten Klassifikationsversuch zur Ausscheidung als peculiar-Objekte geführt hatte. Die Verhältnisse liegen jedoch nicht so einfach, daß alle pec. Nebel ohne weiteres als Objekte großer Gesamtmasse gelten können. Ein weiterer Ionisationsbereich, mit anderen Worten, das gleichzeitige Erscheinen der unteren und höheren Ionisationsstufen mit großer Intensität kann aus zwei evtl. sogar drei verschiedenen Ursachen auftreten, nämlich sowohl wegen eines großen Massenreichtums der Hülle wie aber auch schon infolge stärkerer Dichteschwankungen bei geringerer Masse und schließlich bei einer besonders großen Hüllendicke. In den Gebieten höherer Dichten muß die Ionisation selbstverständlich abfallen. Diese Zonen geben Veranlassung zum Auftreten der Linien von O II, O I, N II, N I. In der Literatur besteht allgemein die Neigung, die [O II]-Emissionsgebiete gerade umgekehrt als Hüllenteile besonders geringer Dichte anzusehen. Diese Auffassung entspringt den oben korrigierten falschen Vorstellungen über die Dichteabhängigkeit der Ausstrahlung in den verbotenen Linien. Die [O II]-Linien haben eine besonders geringe Übergangswahrscheinlichkeit, der entsprechende metastabile Term besitzt also eine extrem hohe Lebensdauer ($\sim 10^4$ sec.). Man war deshalb der Meinung, daß auch extrem kleine Dichten erforderlich sind, um die Linien zum Erscheinen zu bringen. Die wirkliche Ursache der Verstärkung dieser Linie liegt aber einfach in einer stärkeren Besetzung des zweiten Ionisationszustandes. Sind innerer und äußerer Radius einer Hülle stark verschieden, so haben wir außen eine vergleichsweise sehr geringe Strahlungsdichte, die Ionisation muß dann auch allein aus diesem Grunde abfallen.

Es wird in der Literatur auch eine Neigung erkennbar, das Vorliegen einer hohen mittleren Ionisation im Nebel ohne weiteres mit einer hohen Kerntemperatur zu identifizieren. In bezug auf diesen Punkt ist nur zu wiederholen, daß dabei wiederum der Einfluß der anderen Faktoren, welche die Ionisation beeinflussen, gänzlich übersehen wird. Rein statistisch mag die Schlußweise allerdings eine Berechtigung haben. Eine hohe mittlere Ionisation wird im Mittel häufiger mit Kernen hoher Temperaturen verbunden sein. Vergleiche von Nebel mit Kernen identischer Kernspektren, die für die Isolierung der Einflüsse der verschiedenen Ionisationsparameter aufschlußreich sind, lassen sich wegen des noch sehr spärlichen Materials an gut erforschten Kernspektren nur in einigen wenigen Fällen durchführen. Erwähnung verdienen die drei Nebel NGC 418, NGC 6210 und NGC 2392, deren Kernspektren vielleicht nicht vollständig, jedoch so weitgehend identisch sind, daß man auf praktisch gleiche Temperaturen und Leuchtkräfte schließen kann. Die beiden ersten Objekte (NGC 418 und NGC 6210) zeigen nahezu gleiche Nebelspektren, es sind Nebel geringer Anregung. Die He II-Linie λ 4686 mit einer Anregung von rund 50 eV tritt nicht einmal schwach in Erscheinung. Ganz im Gegensatz dazu zeigt der Nebel NGC 2392 die He II-Linie und darüber hinaus sogar die [Ne V] Linie λ 3426 mit großer Intensität. Es läßt sich mit ziemlicher Sicherheit sagen, daß die höhere Ionisation in NGC 2392 wesentlich nur auf eine geringere Dichte und nicht etwa einen geringeren Sternabstand zurückzuführen ist. Die nähere Begründung dafür, die sich auf Grund der scheinbaren Kernhelligkeiten, der scheinbaren Nebeldurchmesser und der Flächenhelligkeiten ergibt, übergehen wir hier aus Gründen der Raumknappheit.

f) Zur Theorie des Strahlungstransportes. Nach den vorausgegangenen Ausführungen ist es ohne weiteres klar, daß eine mathematische Beschreibung des Strahlungszustandes und des Strahlungstransportes in einer Nebelhülle ein sehr verwickeltes Problem darstellt. Versuche in dieser Richtung, die von Milne[16]), Ambarzumiam[17]) und Chandrashekar[18]) durchgeführt wurden, liegen zeitlich schon fünfzehn bis zwanzig Jahre zurück. Sie konnten späterhin wegen unüberbrückbar erscheinender Schwierigkeiten kaum weiterentwickelt werden. Die Theorie beschränkt sich von vornherein auf einen reinen Wasserstoffnebel und eine sphärische Hülle. In einem reinen Wasserstoffnebel können wir das Strahlungsfeld als genügend beschrieben betrachten, wenn in jedem Punkte des Nebels die Strahlungsintensität und der Strahlungsfluß in den Frequenzen des Wasserstoffatoms, die Kontinua natürlich eingerechnet, angebbar werden. Die nicht durch Wasserstoff absorbierbare Strahlung interessiert nicht weiter.

Der Intensitätsverlauf in der Kernstrahlung kann zunächst als vorgegeben gelten. Durch die den Absorptionsprozessen der gerichteten Kernstrahlung folgenden Reemissionsprozesse entsteht im Nebel die ungerichtete, „diffuse" Nebelstrahlung in den Wasserstofflinien und den Wasserstoffkontinua. Die diffuse Nebelstrahlung verläßt den Nebel nur soweit ohne weitere Absorption und Reemission, als es sich um die langwelligen Frequenzen handelt (Balmerserie, Paschenserie usw. und deren Kontinua). Wie schon eingangs bemerkt, sind die Nebel in diesen Frequenzen wegen der schwachen Besetzung angeregter Zustände von sehr geringer optischer Dicke.

Wie Milne[19]) gezeigt hat, läßt sich die mathematische Beschreibung des Strahlungstransportes in der sphärischen Nebelhülle auf ein ebenes Problem reduzieren. Es gelingt dieses durch eine geeignete Wahl der Grenzbedingungen an der inneren Nebelbegrenzung. Die Differentialgleichung des Strahlungsgleichgewichtes für die diffuse Strahlung hat dann mit Einführung der optischen Tiefe τ an Stelle der geometrischen Tiefe die geläufige Form

$$\cos\vartheta \frac{d\,I(\tau_1\,\vartheta)}{d\,\tau} = I(\tau_1\,\vartheta) - B(\tau)$$

$I(\tau_1\,\vartheta)$ ist die Intensität der an der Stelle der optischen Tiefe τ in der Richtung ϑ (Winkel gegen die Normale auf der äußeren Nebelbegrenzung) fortschreitenden Strahlung. Der Ausdruck für die „Ergiebigkeit" $B(\tau)$ ist zuerst von Ambarzumiam[20]) angegeben worden. Dazu müssen wir zunächst bemerken, daß die weitere Behandlung der obigen Transportgleichung nur nach einer weiteren sehr einschneidenden Verein-

fachung möglich wird. Die Mannigfaltigkeit der diskreten und kontinuierlichen Zustände des Wasserstoffatoms wird durch drei diskrete Zustände ersetzt: Der erste repräsentiert den Grundzustand, der zweite die Gesamtheit der diskreten Balmerterme und der dritte das ganze Kontinuum. Der zweite Term wird gewöhnlich einfach mit $n = 2$ identifiziert, da alle entstehenden Lymanlinien (L β, L γ ...) durch nachfolgende Reabsorptionen relativ schnell in eine Ly α-Strahlung umgewandelt werden. Für dieses vereinfachte Modell des Wasserstoffatoms kann man der Ergiebigkeit $B(\tau)$ für das Kontinuum die folgende Gestalt geben:

$$B(\tau) = p\,\{J(\tau) + \tfrac{1}{4}\,S\,e^{-(\tau_1-\tau)}\}$$

Der Ausdruck in der Klammer bezeichnet die Gesamtintensität der absorbierbaren Strahlung für den Term 3 (Kontinuum) an der Stelle der optischen Tiefe τ, und zwar bezieht sich $\frac{1}{4}\,S\,e^{-(\tau_1-\tau)}$ auf die gerichtete Sternstrahlung und $J(\tau)$ auf die diffuse Strahlung. Zur weiteren Erläuterung des Klammerausdruckes sei noch erwähnt, daß die pro cm² auf die innere Nebelbegrenzung fallende Menge an absorbierbarer Strahlung mit πS bezeichnet wurde und die optische Dicke von außen $\tau = o$ nach innen gezählt wird. Die innere Begrenzung hat die optische Dicke τ_1, die also gleich ist der gesamten optischen Dicke des Nebels für den Term 3.

Zum Verständnis des vor dem Klammerausdruck stehenden Faktors p, für den stets gilt $p < 1$, erinnere man sich daran, daß von den durch die Absorption im Lymankontinuum befreiten Elektronen nur ein Bruchteil ($p < 1$) unmittelbar wieder in den Grundzustand rekombiniert und damit eine Ausstrahlung im Kontinuum der Hauptserie ergibt.

Mit Benutzung obigen Ausdruckes für $B(\tau)$ läßt sich, wie Ambarzumiam und Chandrashekar gezeigt haben, die Lösung der Transportgleichung praktisch exakt durchführen. Man gewinnt geschlossene, nicht zu sehr komplizierte Ausdrücke für die Strahlungsintensität $J(\iota)$ und den Strahlungsstrom $F(\iota)$ in denen, wie zu erwarten, die gesamte optische Dicke τ_1, und ebenso p als Parameter auftreten. Für einige festgewählte Werte von τ_1 und p hat Chandrashekar die Lösungen numerisch ausgewertet und die $F(\iota)$, $J(\iota)$ wie insbesondere den austretenden Strahlungsstrom $F(\iota = o)$ tabuliert bzw. in graphischer Darstellung wiedergegeben.

Die Differentialgleichung für die Strahlung des Termes 2 (Ly α) läßt sich ebenfalls behandeln, obwohl hier weitere Komplikationen eintreten, insbesondere wenn die Expansion der Nebel, die wohl immer vorhanden ist, berücksichtigt werden soll. Im Falle des Termes 3, der ja ein ausgedehntes Kontinuum vertritt, ist die Verstimmung der Frequenzen in den verschiedenen Nebelteilen infolge Dopplereffekte praktisch ohne Belang. Für die Ly α-Strahlung wird der Nebel dagegen durch eine Expansion stärker durchlässig. Das Problem des Strahlungsgleichgewichts eines expandierenden Nebels ist neuerdings von Chandrashekar weiter verfolgt worden[21]). Dasselbe ist jedoch in mathematischer wie aber auch schon in rein gedanklicher Hinsicht so verwickelt, daß ein kurzes Resumé für den Leser kaum von Nutzen sein wird.

Die in der bisher entwickelten Theorie des Strahlungsgleichgewichts gemachten Vereinfachungen sind zu einschneidend, als daß noch von einer engeren Verbindung von Theorie und Beobachtung überhaupt gesprochen werden kann. Ihre Bedeutung liegt vorläufig hauptsächlich in der Vermittlung eines vertieften Verständnisses der Transformations- und Transportmechanismen am Wasserstoffatom und weiterhin in der Aufdeckung einer bemerkenswerten Eigentümlichkeit, die bei der Behandlung der Ly α-Strahlung für den Fall eines expandierenden Nebels zutage tritt. Es zeigt sich nämlich, daß der Netto-Strahlungsstrom in Ly α im Innern des Nebels eine Vorzeichenumkehr erfahren kann, was eine entgegengesetzt gerichtete Lichtdruckbeschleunigung der äußeren und inneren Nebelteile zur Konsequenz hat. Ob hierin die Ursache für die häufig zu beobachtende Aufspaltung der Nebelhüllen (Doppelringe) zu suchen ist, läßt sich vorläufig allerdings schwer entscheiden. Es sei jedoch in diesem Zusammenhang bemerkt, daß nach O. Struve die bei den Hüllensternen der Spektralklassen Be vielfach vorhandene Doppelform eines stark expandierenden äußeren und schwach expandierenden inneren Teiles aller Wahrscheinlichkeit nach auf den genannten Effekt zurückgeführt werden kann.

Eine Theorie des Strahlungstransportes, die den wirklichen Verhältnissen mehr gerecht wird, hat vor allem die Mitbeteiligung des Heliums zu berücksichtigen. Wegen dessen hoher kosmischer Häufigkeit und schwächerer Ionisation erfolgt die Absorption der Sternstrahlung oberhalb 24 eV wesentlich durch He und He II, wodurch natürlich die oben angegebene Form der Ergiebigkeit $B(\tau)$ auch für Wasserstoff hinfällig wird.

g) Weitere Beiträge zu Physik der Nebelhüllen. Wir machen zum Schluß dieses ersten Teiles noch in loser Reihenfolge auf eine Reihe weiterer Untersuchungen aufmerksam, deren Inhalt und Bedeutung wir aus Gründen der Raumknappheit nur ganz kurz andeuten können.

In bezug auf die Behandlung der Wasserstoffstrahlung in den Nebeln müssen wir hier vor allem noch die Beiträge von Menzel und Baker[22]) zur Theorie des Balmerdekrementes erwähnen, wodurch die ersten Ergebnisse von Cillié[23]) nicht nur erweitert, sondern auch exakter gestaltet werden. Die Arbeiten enthalten genaue numerische Werte der Besetzungszahlen und Intensitäten der Balmerterme von $n = 2$ bis $n = 30$ in einem reinen Einfangsspektrum für sieben verschiedene Temperaturwerte zwischen 5000° und 320 000°.

Aus der Serie der Arbeiten von Menzel und Mitarbeitern zur Physik der planetarischen Nebel erwähnen wir noch die folgenden.

L. H. Aller[24]) hat eine Photometrie der intensiveren Linien von fünfzehn planetarischen Nebeln durchgeführt. Zum Teil (bei 5 Objekten) wird auch das Ultraviolett bis an die Grenze der atmosphärischen Durchlässigkeit erfaßt. Wichtig ist, daß Aller einen spaltlosen Spektrographen benutzt und somit Totalintensitäten (über den ganzen Nebel gerechnet) bestimmt. Die Allerschen Daten lieferten die Grundlagen für die oben erwähnten Bestimmungen der Elektronentemperaturen aus den relativen Intensitäten der [O III]-Linien.

In zwei Arbeiten[25]) wird das sehr schwierige Problem der Bestimmung der relativen Elementhäufigkeiten aufgegriffen. Das Resultat läßt sich dahin zusammenfassen, daß, soweit die äußerst rohen Daten ein Urteil gestatten, kein Anzeichen einer Abweichung von der allgemeinen Häufigkeitsverteilung (Sonne, τ Scorpii) zu erkennen ist. Bis zur Durchführung einer quantitativen Analyse sind noch eine Reihe schwieriger Vorarbeiten zu leisten, so die Ausarbeitung einer allgemeinen Theorie der Ionisation in den Nebelhüllen und die quantenmechanische Berechnung von zahlreichen Stoß- und Einfangquerschnitten.

Eine umfangreiche Liste der Linien von 9 planetarischen Nebeln für das Gebiet von λ 3700 bis λ 6750 mit Intensitätsangaben veröffentlicht A. B. Wyse[26]). Dieselbe enthält 270 Nebellinien, von denen 60% ihren Trägern zugeordnet sind. Die Wysesche Publikation bildet die Fortsetzung einer früheren von Bowen und Wyse[27]) durchgeführten Untersuchung mit dem Ziel der Auffindung schwächerer Nebellinien und einer Abschätzung der Elementenhäufigkeiten.

Minkowski[28]) untersucht mit geringer Dispersion die Spektren von 26 Nebeln mit geringer Oberflächenhelligkeit, von denen Spektroskopische Daten bisher fehlten. Der interessanteste Punkt dieser Arbeit besteht in dem Hinweis, der *die „Zanstratemperaturen"* betrifft, welche aus der Differenz zwischen Stern- und Nebelhelligkeit abgeleitet sind. Die bisher nicht verständliche Verbindung von einem Nebelkern niedriger Zanstratemperatur (30 000° bis 40 000°) mit einem Nebel hoher He II-Intensität läßt sich, wie Min-

kowski bemerkt, einfach durch eine mangelnde optische Dicke des Nebels deuten, die Zanstratemperatur fällt in solchen Fällen zu niedrig aus. Dieser Deutung kann man nur zustimmen (vgl. dazu Abschnitt IIb).

(Fortsetzung und Schluß folgt.)

Eingegangen am 28. Januar 1949.

[1]) Vorontsov-Velyaminov, B., Russ. A. J. II, 40 (1934) Katalogue der Nebelhelligkeiten.
[2]) Ap. J. **67**, 1 (1928); desgl. Ap. J. **81**, 1 (1935).
[3]) Ap. J. **79**, 217 (1934).
[4]) Ap. J. **92**, 129 (1940).
[5]) Publ. Lick Obs. Vol. XIII, Part IV (1918).
[6]) Ap. J. **26**, 310 (1942).
[7]) Page, T., M. N. 96.
[8]) M. N. **92**, 820 (1932); M. N. **96**, 771, (1936).
[9]) Ap. J. **92**, 408 (1940).
[10]) Ap. J. **93**, 230 (1941).
[11]) Ap. J. **88**, 422 (1938).
[12]) vgl. dazu Wurm, K., Zs. f. Astrophys. **14**, 321 (1937); desgl. Die Himmelswelt **55**, 26 (1947).
[13]) Ap. J. **93**, 195 (1941).
[14]) Ap. J. **96**, 78 (1942).
[15]) vgl. dazu eine in Kürze erscheinende, ausführlichere Darstellung des Nebelproblems durch den Verfasser.
[16]) Zs. f. Astrophys. **1**, 98 (1930).
[17]) Pulkovo, Obs. Bull. Nr. 13.
[18]) Zs. f. Astrophys. **2**, 266 (1935).
[19]) 10 loc. cit.
[20]) 10 loc. cit.
[21]) Ap. J. 102.
[22]) Ap. J. **86**, 70 (1937); **88**, 52 (1938).
[23]) loc. cit.
[24]) Ap. J. **93**, 236 (1941).
[25]) Menzel, D. H. und Aller, L. H., Ap. J. **94**, 30 (1941); Aller, L. H. und Menzel, D. H., Ap. J. **102**, 239 (1945).
[26]) Ap. J. **95**, 356 (1942).
[27]) Lick Obs. Bull. **19**, 1 (1939).
[28]) Ap. J. **95**, 243 (1942).

Kurze Originalmitteilungen.

Über eine neue Methode zur Temperaturmessung in hochtemperierten Bogensäulen.

Wenn in einer Bogensäule außer der Resonanzlinie auch Linien mit höhergelegenem Grundterm in Selbstumkehr erscheinen, läßt sich aus den Intensitätsmaxima, die in diesen Linien das zentrale Umkehrminimum flankieren, die Temperatur der Säule bestimmen. Über Begründung der Methode und Messung an einer Höchstdrucklampe sei kurz berichtet.

Auf einem durch die Säulenachse gelegten Beobachtungsstrahl (B.-Str.) werde die Strahldichte $I_\nu(\Delta\nu)$ emittiert ($\Delta\nu$ = Frequenzabstand vom Linienzentrum). Zur Berechnung von I_ν wird die Ergiebigkeit $J_\nu = \frac{\varepsilon_\nu}{\varkappa}$ eingeführt (ε_ν = Emissions-, $\varkappa$ = Absorptionskoeffizient) und auf dem B.-Str. statt der geometrischen Länge x mit $d\tau = \varkappa \cdot dx$ die optische Länge τ eingeführt. Es ist dann J_ν der Emissionskoeffizient in bezug auf den optischen Maßstab. Ist τ_0 die dem jeweiligen $\Delta\nu$ zugeordnete optische Schichtdicke und $\bar{J}^\tau$ der über dem optischen Maßstab genommene Mittelwert der Ergiebigkeit, so ist $\bar{J}^\tau \cdot \tau_0$ die Gesamtemission längs des B.-Str. Von dieser Gesamtemission wird infolge der Absorption nur ein Bruchteil $\Phi(\tau_0)$ aus der Schicht abgestrahlt, so daß

$$I_\nu(\Delta\nu) = \bar{J}^\tau \cdot \tau_0 \cdot \Phi(\tau_0) = \bar{J}^\tau \cdot Y(\tau_0)$$

ist.

Schreiben wir $\bar{J}^\tau$ als Bruchteil M des Maximalwertes der Ergiebigkeit längs des Beobachtungsstrahles — hier also der Ergiebigkeit $J_{\nu m}$ in der Säulenachse —, und beziehen wir die Formel auf die Maxima der Umkehrkontur, so wird

$$I_{\nu\max} = J_{\nu m} \cdot M_{\max} \cdot Y_{\max}.$$

Nun seien V_1 bzw. V_2 die Anregungsspannungen des unteren bzw. oberen Linienterms. Eine Untersuchung von M zeigt dann, daß in einer Bogensäule stets

$$\frac{V_1}{V_2} < M_{\max} < 1\,^{1)}$$

ist.

Außerdem gilt stets, wie kürzlich in einer Theorie der Selbstumkehr[2]) gezeigt wurde

$$0{,}736 < Y_{\max} < 1.$$

Daraus ergibt sich mit

$$I_{\nu\max} < J_{\nu m} < \frac{I_{\nu\max}}{0{,}736 \cdot \frac{V_1}{V_2}}$$

eine erste Abschätzung für $J_{\nu m}$ und damit auch für T_m, da mit ausreichender Näherung

$$J_\nu = \frac{2h\nu^3}{c^2}\, e^{-\frac{h\nu}{kT}}.$$

Bei genauerer Diskussion lassen sich die Schätzungsgrenzen noch etwas weiter einengen. Messungen an einer Hg-Höchstdrucklampe der Firma Osram (200 Watt, λ = 4358 Å) ergaben für die Temperatur in der Säulenmitte

$$T_m = 7350° \pm 550° \text{ K}.$$

Dadurch, daß man im gleichen Verfahren die Maximaltemperaturen auf Strahlen bestimmt, die gegen den Mittelstrahl parallel verschoben sind, kann man den Temperaturabfall in der Säule in Grenzen einschließen und die damit gewonnenen Aussagen über den Temperaturverlauf einer erneuten Abschätzung der Achsentemperatur zugrunde legen. Bei der oben erwähnten Messung ergab sich

$$7250° \pm 200°,$$

in bester Übereinstimmung mit P. Schulz[3]), der unter ähnlichen Bedingungen auf völlig anderem Wege 7300° gemessen hat.

Das neue Verfahren hat den Vorteil, daß keine Annahmen über unsicher bekannte atomare Konstanten eingehen (z. B. Starkeffektkonstanten, Erniedrigung der Ionisierungsspannung). Es läßt außerdem noch Messungen unter Bedingungen zu, unter denen andere spektroskopische Verfahren wegen der Absorption in der Lichtquelle versagen. Die Grenzen der Anwendbarkeit liegen bei Hg für Drucke, wie sie in der 200-Watt-Lampe herrschen (60 Atm.), etwa bei 12 000°.

Eine eingehende Theorie des Verfahrens (Bartels) und Messungen an Höchstdrucklampen (Göing) werden in der „Zeitschrift für Physik" erscheinen.

Hannover, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule.

Hans Bartels,
Wilhelm Göing.

Eingegangen am 17. Mai 1949.

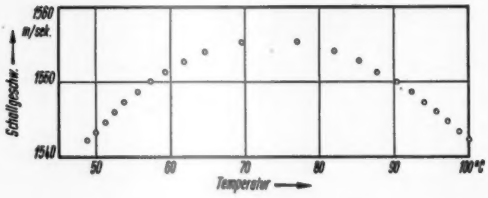
[1]) M wäre gleich $\frac{V_1}{V_2}$ bei linearem Abfall der Temperatur.

[2]) Bartels, H., ZS. f. Phys. **125**, 597 (1949).
[3]) Schulz, P., Ann. d. Physik **3** (6), 280 (1948). (Dort auch weitere Literatur.)

Schallgeschwindigkeit in leichtem und schwerem Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur.

Mit Hilfe von Ultraschall wurde die Temperaturabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit in leichtem Wasser [1]) und 95,27%igem schwerem Wasser [2]) untersucht. Für die Messung wurde die optische Abbildungsmethode von Hiedemann[3]) verwandt und durch eine „Temperatur-Resonanzmethode"[4]) auf den ganzen

flüssigen Temperaturbereich erweitert. Hierbei wurde eine Absolutmessung für eine bestimmte Temperatur durch Auszählung des als Streifensystem sichtbaren Schallgitters ausgeführt. Für alle übrigen Temperaturpunkte, welche bei laufender Temperatur durch das Scharfwerden und Verschwinden des Streifenbildes die akustischen Resonanzen bzw. die Änderung der Wellenlängenzahl auf der Schallstrecke anzeigen, ergaben sich die Geschwindigkeitswerte durch Anschluß an den absolut gemessenen Bezugswert. Neben apparativen Vereinfachungen bietet diese Methode gegenüber der ausschließlichen Anwendung von einzelnen Absolutmessungen den Vorteil, daß man eine dichte und kontinuierliche Folge von Meßpunkten erhält. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt von 50 bis 100° C für leichtes Wasser.



Es wurde eine durchschnittliche Genauigkeit von 0,3 ‰ erzielt. Diese ermöglichte eine eingehende Gegenüberstellung der Meßreihen von leichtem und schwerem Wasser. Die Schallfrequenz betrug 6,45 MHz.

Tabelle.

Temperatur °C	Schallgeschwindigkeit H_2O m/s	D_2O (95,27%) m/s
0	1405*)	
5	1427.1	1329.3
10	1448.5	1351.4
20	1483.1	1385.9
30	1509.8	1413.0
40	1529.3	1433.5
50	1543.4	1447.4
60	1551.8	1456.0
70	1555.1	1460.3
73.4	1555.5 Maximum	
75.1		1461.1 Maximum
80	1554.3	1460.4
90	1550.2	1456.3
100	1542.2	1449**)

*) von 2.3° C aus extrapoliert.
**) von 97.5° C aus extrapoliert.

In der Tabelle sind die Resultate an beiden Flüssigkeiten zahlenmäßig wiedergegeben; in einer graphischen Darstellung entstehen parabelförmige Kurven.

Es sei noch auf einige durch die Meßmethode gesicherte Einzelheiten hingewiesen:

1. Die Temperatur der Maximalgeschwindigkeit des D_2O liegt 1 bis 2° C über dem H_2O.

2. Die Temperaturkoeffizienten der Schallgeschwindigkeit des D_2O liegen nur wenig, aber ausnahmslos über dem H_2O.

3. Das aus den Schallgeschwindigkeiten und Dichten berechnete Verhältnis der adiabatischen Kompressibilitäten ergibt für das D_2O etwas höhere Werte als für das H_2O.

Während normale Flüssigkeiten einen negativen, konstanten Temperaturkoeffizienten der Schallgeschwindigkeit besitzen, lassen sich die Ergebnisse an Wasser zwanglos aus seiner Konstitution deuten. Danach kommt der aufsteigende Kurvenast durch die Assoziation zustande, nämlich in der Weise, daß hier die Kompressibilität der Flüssigkeit infolge der mit der Kompression abnehmenden Konzentration der weiträmigen, „eisartigen" Achteraggregate verhältnismäßig stark erhöht wird — und zwar um so mehr, je mehr derartige Aggregate vorhanden sind, also nach tieferen Temperaturen. Einzelheiten einer theoretischen Berechnung werden von anderer Seite in einer besonderen Veröffentlichung mitgeteilt werden[5]).

Ich möchte zum Schluß Herrn Professor Erwin Meyer für die Aufgabenstellung danken.

III. Physikalisches Institut der Universität Göttingen.
Peter-Paul Heusinger.

Eingegangen am 30. Mai 1949.

[1]) Der Temperaturbereich von 0 bis 40° C wurde bereits von Hubbard und Loomis durchgemessen. Phil. Mag. (7), **5**, 1177 (1928); der Bereich von 10 bis 85° C wurde von Willard gemessen. Journ. acoust. Soc. Am. **19**, 235 (1947).

[2]) Einzelne Werte wurden bereits von Yosioka gemessen, z. B. 1399 m/s bei 25° C, Sci. Pap. Inst. phys. chem. Res. (Tokyo) **34**, 843. Die unter [1]) und [2]) genannten Meßergebnisse stimmen mit den hier mitgeteilten gut überein.

[3]) Hiedemann und Bachem, Z. Phys. **94**, 68 (1935).

[4]) Beschreibung des Temperatur-Interferometers für Flüssigkeiten erscheint demnächst in der „Akustischen Zeitschrift".

[5]) Eucken, A., Z. Elektrochemie **53**, Heft 3 (1949).

Quantitative Bestimmung von α-Aminosäuren in Papierchromatogrammen und Ionopherogrammen mit radioaktivem Kupfer.

Beim kapillaren Aufstieg einer Lösung von Cu-acetat in Tetrahydrofuran in Filterpapier, auf dem sich Aminosäureflecken befinden, bilden sich mit quantitativer Ausbeute die Cu-Komplexe (Retentionsanalyse[1]); ebenso gelingt es durch Behandeln des mit Formamid vorbehandelten Papierblattes mit einer Chloroformlösung von Acetylaceton-Cu, die darauf befindlichen Aminosäuren vollständig in die Cu-Komplexe überzuführen[2]). Die kolorimetrische Bestimmung des gebundenen Kupfers bereitet Schwierigkeiten. Deshalb wurde die quantitative Bestimmung durch radioaktive Indikatormessung vorgenommen, ähnlich wie es nach Überführung der Aminosäuren in die Radio-jod-phenylsulfonylderivate geschehen ist[3]).

Cu^{64} (Halbwertszeit 12,8^h) wurde am Heidelberger Zyklotron durch Bestrahlung dünner Kupferfolien mit schnellen Deuteronen hergestellt. Die Folien (100—150 mg) wurden in Salpetersäure gelöst. Zur Gewinnung von *Cu-acetat* wurde die Nitratlösung zur Trockne verdampft, der Rückstand in Wasser aufgenommen, mit verdünnter Natronlauge als Hydroxyd gefällt und nach gutem Auswaschen in verdünnter Essigsäure aufgelöst und eingetrocknet. Den *Acetylaceton-Komplex* erhielt man durch Versetzen der wäßrigen Nitratlösung mit etwa 5% Acetylaceton nach Na-acetatzusatz. Er wurde abgesaugt und mit absolutem Äther auf der Nutsche trocken gewaschen. Die Umsetzung der Aminosäuren mit *Cu-acetat* nimmt man durch Aufsteigenlassen einer 0,1%igen Lösung des Salzes in 5% wasserhaltigem Tetrahydrofuran, dem einige Tropfen Eisessig zugesetzt sind, vor.

Figur 1 zeigt eine Radioautographie auf Röntgenfilm von einem Ionopherogramm gleicher Mole (30 bis 50γ) Glutaminsäure, Alanin und Arginin auf acetatgepuffertem Papier (p_H 6,5). Solche Autographien lassen sich quantitativ photometrisch auswerten, wenn

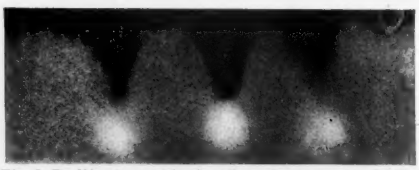


Fig. 1. Radioautographie eines Ionopherogramms gleicher Mole von Glutaminsäure, Alanin und Arginin.

man mindestens 2 verschiedene Expositionen auf demselben Film verwendet. Man erhält dann z. B. den Verlauf der Aktivität entlang einem Schnitt durch das Pherogramm (oder Chromatogramm). Für eine quantitative Bestimmung des komplexgebundenen Kupfers ist es jedoch besser, einen breiten Streifen auszuschneiden, der die gesamte komplex gebundene Cu-Menge und typische Teile des Untergrundes aus nicht an Aminosäuren gebundenem Kupfer enthält. Zur Ausmessung wurden solche Streifen in genau gleiche,

etwa 3 mm breite Querstreifchen zerschnitten, deren Aktivität mit einem Geiger-Müller-Zählrohr mit Glimmerfenster bestimmt wurde. Das einzelne Streifchen ergab ungefähr 2000 Anschläge pro Minute am Zählrohr. Aus dem Pherogramm Figur 1 ergibt sich so die Aktivitätsverteilung Figur 2.

Der Überschuß der Aktivität in den Flecken über dem Untergrund beträgt insgesamt beim Glutaminat 144, beim Alanin 142 und beim Arginin(acetat) 152 in willkürlichem Maß. Das Ergebnis entspricht dem

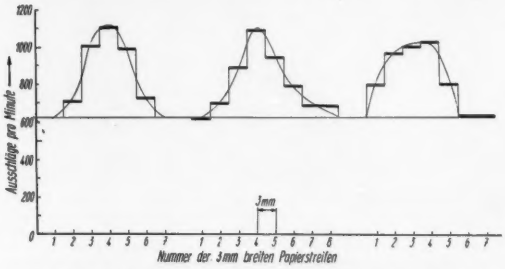


Fig. 2. Aktivitätsverteiltung in 13,5 mm breiten horizontalen Streifen durch die 3 Flecken des Pherogramms Fig. 1.

erwarteten 1 : 1 : 1. Die Fehlergrenze des Verfahrens dürfte normalerweise bei 5—10% liegen. Sie ist im wesentlichen bestimmt durch Ungleichmäßigkeiten des Untergrundes, der höher ist als die Aktivität des komplex gebundenen Kupfers.

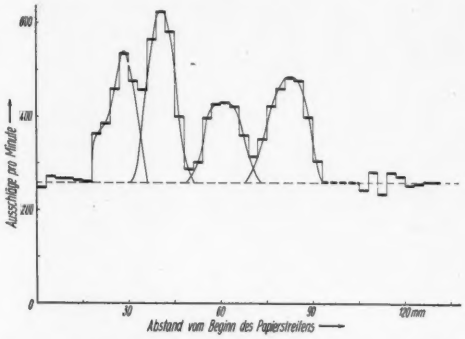


Fig. 3. Aktivitätsverteilung in einem 15 mm breiten Streifen aus einem Papierchromatogramm von gleichen Mengen (v. l. n. r.) Serin, Glycin, Threonin und Alanin in 20% wasserhaltigem Phenol und Verkupferung mit Acetylaceton-Cu in Chloroform.

Eine Herabsetzung der Untergrundsaktivität ergibt sich im zweiten Verkupferungsverfahren mit Acetylaceton-Cu. Dabei läßt man im Aminosäure-haltigen Papierstreifen, der in 10% Formamid-haltigen Aceton gebadet und an der Luft von Aceton trocknen gelassen

Fig. 4. Radioautographie eines Papierchromatogramms von gleichen Teilen Serin, Glycin, Threonin, Alanin und Oxyprolin.

wurde, eine 1—5%ige Lösung von Acetylaceton-Cu in Formamid gesättigtem Chloroform kapillar aufsteigen. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels wird dann durch Aufsaugen von reinem Chloroform ein großer Teil des nicht mit Aminosäuren in Reaktion getretenen Diketon-Komplexes ausgewaschen. Figur 3 zeigt die Aktivitätsverteilung (nach der obigen Streifchenmethode) über ein Papierchromatogramm von gleichen Gewichtsmengen (etwa 10γ) an Serin, Glycin, Threonin und Alanin mit 20% H_2O-haltigem Phenol, die nach der zweiten Methode in die Cu-Komplexe übergeführt waren.

Fig. 4 stellt die Radioautographie eines ähnlichen Papierchromatogramms dar.

Die Aktivität der einzelnen Flecken in Figur 3 ergab sich zu 130, 189, 117 und 154. Die erwarteten relativen Werte waren 133, 181, 117 und 157. Der relative Untergrund ist nicht größer als in Figur 2, trotz der geringeren Aminosäuremengen und der höheren Konzentration des Cu-Reagenses.

Frl. L. Wirth danken wir für die geschickte Hilfe bei den Versuchen.

Kaiser-Wilhelm-Institut f. med. Forschung, Heidelberg, Institut für Chemie und Institut für Physik.

Theodor Wieland, Kurt Schmeiser, Edgar Fischer und Heinz Maier-Leibnitz.

Eingegangen am 4. Mai 1949.

[1]) Wieland, Th. und Fischer, E., Naturwiss. **35**, 29 (1948).
Wieland, Th., Angew. Chemie A **60**, 313 (1948).
[2]) Wieland, Th. und Fischer, E., Naturwiss. **35**, 29 (1948).
[3]) Keston, A. S., Udenfriend, S. und Levy, M., Journ. Amer. Chem. Soc. **69**, 2151 (1947).

Elektronenmikroskopie an Zellfortsätzen im menschlichen Zahnbein[1]).

Im folgenden werden Versuche beschrieben, die der elektronenmikroskopischen Darstellung von Zellfortsätzen des menschlichen Organismus dienten. Menschliche Zellen, die besonders lange Zellfortsätze aufweisen, schienen zur Abbildung mit übermikroskopischen Präparationsverfahren geeignet. Solche Zellen finden sich als Odontoblasten im Dentin menschlicher Zähne, das in seiner Hartsubstanz die langen Protoplasmafortsätze der Odontoblasten in den Dentinkanälchen einschließt.

Das Dentin (Subst. eburnea) entsteht im Verlaufe der Entwicklung des Menschen an der „diathelialen" Grenzfläche[2]) der sogenannten mesodermalen Zahnpapille gegen die epitheliale Zahnanlage. Es stellt beim Erwachsenen einen etwa glockenförmigen Hartsubstanzmantel dar, der außen vom Schmelz überzogen ist und an seiner Innenseite in die weiche Zahnpulpa übergeht. Das Dentin ist von der Pulpahöhle aus von vielen tausend Odontoblastenfortsätzen durchsetzt, die früher als „Tomessche Fasern" bezeichnet wurden. Die Hauptrichtungen dieser Fasern, die in Wirklichkeit Zellfortsätze darstellen und in den Dentinkanälchen verlaufen, sind aus Fig. 1 zu ersehen; sie sind von der Pulpahöhle zur Schmelzdentingrenze radiär ausgerich-

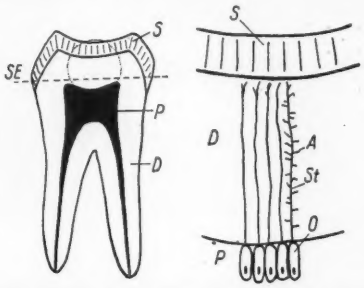


Fig. 1. Längsschnitt eines Backenzahnes, rechts Ausschnittsvergrößerung des im linken Teil umrandeten Gebietes (Schema, nicht maßstabsgerecht).
Zeichenerklärung: P = Pulpahöhle, D = Dentin, S = Schmelz, SE = Schnittebene, O = Odontablasten, St = Stammfortsatz (Odontoblastenfortsatz), A = Astfortsatz.

tet. Die Dentinkanälchen mit den darin liegenden Odontoblastenfortsätzen lassen lichtmikroskopisch auf ihrem Verlauf durch das Dentin zahlreiche Seitenzweige erkennen, die sich wie die Äste eines Baumes vom Odontoblastenfortsatz abzweigen[3]). Daher wählen wir hier auch zur Verständigung die Ausdrücke „Stammfortsätze" für die Odontoblastenfortsätze in

den Dentinkanälchen, „Astfortsätze" für deren Seitenverzweigungen und „Zweigfortsätze" für unten beschriebene weitere Verzweigungen der Astfortsätze.

Die elektronenmikroskopische Abbildung dieser Zellfortsätze gelang auf folgendem Wege: Frisch extrahierte Zähne wurden von äußerlich anhaftenden Gewebsresten mit Wasserstoffsuperoxyd befreit, dann anschließend mit einem Schleifgerät bis auf die zu untersuchende Ebene abgeschliffen. Horizontalschliffe, bei denen die Dentinkanälchen dicht über der Pulpahöhle senkrecht getroffen wurden (SE in Fig. 1), waren am günstigsten. Diese noch rohe Schlifffläche wurde durch anschließendes Polieren auf rotierenden Filzscheiben mit weißer Tonerde und Polierrot bearbeitet.

Fig. 2. Schliffebene mit drei senkrecht getroffenen Dentinkanälchen (DK) und zahlreichen Astfortsätzen. 13 200fach.

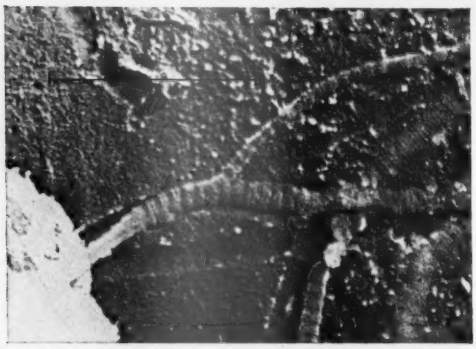


Fig. 3. Vom Dentinkanal (Stammfortsatz) abgehender Astfortsatz mit Zweigfortsatz, 33 200fach. (Ausschnittsvergrößerung aus Fig. 2.)

Zur Freilegung der Stamm-, Ast- und Zweigfortsätze wurde daraufhin die hochpolierte Dentinoberfläche schonend durch Andauung mit Pankreon abgebaut. Die auf diese Weise entstandenen neuen Oberflächen wurden getrocknet und mit Zaponlack (Nitrozellulose in Amylacetat) überzogen. Nach dem Trocknen kann die nahezu papierstarke Lackschicht abgezogen werden[4]). Diese Lackmatrize wurde im Hochvakuum unter

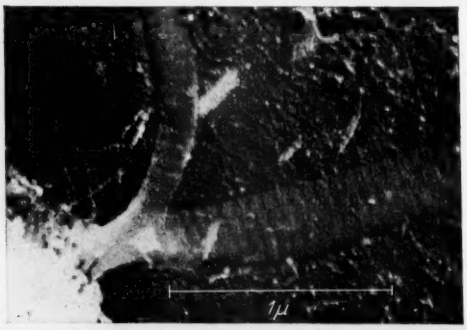
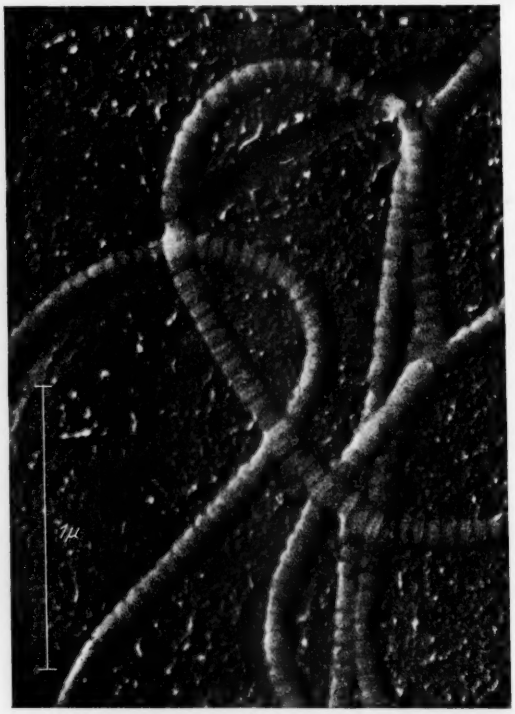


Fig. 4. Mehrere nebeneinanderliegende Astfortsätze, vom Dentinkanal (Stammfortsatz) abzweigend, 36 000fach. (Ausschnittsvergrößerung aus Fig. 2.)



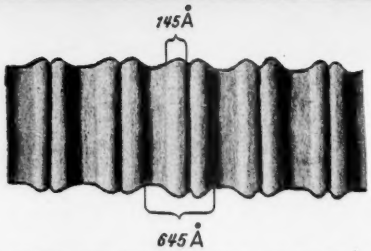


Fig. 5. Isolierte Astfortsätze, 45 000fach mit Maßstabsschema.

einem Winkel von etwa 30° mit Wolframoxyd[5]) bedampft, das sich infolge großer Kontrastwirkung und nicht auflösbarer Eigenstruktur besonders zur Darstellung kleinster Objekte eignet. Da eine für die erwünschte Bildwirkung erforderliche Wolframoxyd-

schicht viel zu dünn ist, um die 70 μ große Objektträgerbohrung freitragend zu überspannen, wurde zur Vergrößerung ihrer mechanischen Festigkeit senkrecht Siliziummonoxyd[6]) aufgedampft, das ebenfalls strukturlos und so kontrastarm ist, daß es bei der Abbildung nicht stört. Nach dem Auflösen des Lacks in einem Lösungsmittel für Nitrozellulose konnte die aufgedampfte Doppelschicht auf die üblichen Objektträger präpariert und im Mikroskop abgebildet werden.

Die Übersichtsabbildung Fig. 2[8]) zeigt die Dentinoberfläche eines oberhalb der Pulpahöhle quer geschliffenen linken oberen Backenzahnes (siehe Fig. 1) mit drei quergetroffenen Dentinkanälchen und den darin liegenden Odontoblastenfortsätzen (Stammfortsätzen). Von ihnen abgehend sind die Astfortsätze zu erkennen, die im Zahn in den Seitenzweigen der Dentinkanälchen verlaufen, und von diesen wiederum abzweigend sieht man Zweigfortsätze. Diese durch das Andauen freigelegten Zellfortsätze sind mit der Lackschicht vom Zahn abgerissen und bedampft worden. Die Protoplasmafortsätze kommen in ihrer Oberflächenstruktur als segmentierte Streifen zur Darstellung. Die dazwischenliegenden rauhen Flächen stellen einen Lackabdruck der angedauten Zahnoberfläche dar. Die weißen Flecken (DK) an der Stelle der Dentinkanälchen entsprechen den ein Stück über das angedaute Niveau des Zahnes überragenden Odontoblastenfortsätzen (Stammfortsätzen), die gleichfalls mit der Lackschicht abgerissen wurden und bei der Aufnahme stark streuend wirkten. Zwei Teilvergrößerungen aus der Fig. 2 zeigen einmal eine Verzweigung eines Astfortsatzes und dessen Abgangsstelle aus dem Stammfortsatz (Fig. 3) und weiterhin mehrere nebeneinanderliegende Astfortsätze in Fig. 4. Besonders eindrucksvoll wird die Segmentierung in einem anderen Präparat (Fig. 5) an isolierten Astfortsätzen bei 45000-

Fig. 6. Isolierter Stammfortsatz (Odontoblastenfortsatz, bisher Tomessche Faser genannt), 28 000fach

facher Vergrößerung sichtbar: Senkrecht zur Faserachse wechseln dünne Segmente in regelmäßiger Folge mit dicken Segmenten, die in sich noch einmal wieder unterteilt sind. Den Abstand zwischen zwei dünnen Segmenten nennen wir „große Periode", die Untersegmentierung der dicken „kleine Periode". Die Längen der von uns gefundenen kleinen und großen Perioden (siehe Maßangabe in Fig. 5) stimmen überein mit früheren röntgenographisch[9]) und elektronenmikroskopisch[10]) ermittelten Werten an Kollagenfasern.

Während bisher angenommen wurde, daß der Stammfortsatz (Odontoblastenfortsatz) aus einer homogenen Protoplasmamasse aufgebaut sei, zeigt Fig. 6 ein Stück eines beim Abziehen des Lacks aus einem Dentinkanälchen herausgezogenen Stammfortsatzes, das deutlich aus einem Bündel der oben beschriebenen Astfortsätze besteht; daher erscheint die Bezeichnung Tomessche „Faser" nicht mehr berechtigt.

Unsere Befunde an Zellfortsätzen der Odontoblasten legen unter Berücksichtigung ähnlicher früherer Befunde an Muskel- und Kollagenfibrillen, ferner am Sarkolemm[11]), Fibringerinseln[12]) und Nervenfasern[13]) die Vermutung nahe, daß sich in der Segmentierung dieser Formelemente ein Grundbauprinzip des menschlichen Organismus offenbart.

Für die freundliche Unterstützung bei dieser Arbeit sind wir den Herren Prof. Dr. E. Blechschmidt und Dr. König sehr zu Dank verpflichtet. Die Untersuchungen wurden mit einem Siemensschen Elektronenmikroskop nach E. Ruska und B. v. Borries durchgeführt.

III. Physikalisches Institut und Anatomisches Institut der Universität Göttingen.

Gerhard Helwig und Ernst Menke.

Eingegangen am 1. April 1949.

[1]) Die ausführlichen anatomischen Mitteilungen erscheinen demnächst als Dissertation von E. Menke, Zs. f. Anatomie und Entwicklungsgeschichte (1949).

[2]) Blechschmidt, E., Mechanische Genwirkungen. Musterschmidt, Göttingen (1948). Die stoffwechselmechanischen Ursachen der Differenzierung bei jungen menschlichen Keimlingen, z. Z. im Druck.

[3]) Meyer, W., Lehrbuch der normalen Histologie und Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen. L. Lehmann, München (1932).

[4]) König, H., Nachr. d. Akad. d. Wissensch. Göttingen, Mathem. Physik. Kl. 1946, S. 68.

[5]) Über die außerordentlich günstigen Eigenschaften des von uns schon länger benutzten Wolframoxyds für Schrägbedampfungen (z. B. König, H., Physikal. Bl. 4, 503 [1948] Fig. 5) und Oberflächenabdrücke wird in Kürze ausführlicher berichtet werden. In einer inzwischen erschienenen amerikanischen Arbeit[7]) wird Wolframoxyd wegen mangelhafter Kontrastwirkung verworfen, während unserer Erfahrung nach bei geeigneter Aufdampftechnik scharfe kontrastreiche Schatten erzielt werden können.

[6]) König, H., Optik, 3, 419 (1948).

[7]) Williams, R. C. und Backus, R. C., J. Appl. Phys., 20, 98 (1949).

[8]) Alle Abbildungen werden der besseren plastischen Bildwirkung wegen im photographischen Negativ wiedergegeben.

[9]) Bear, R. S., J. Am. chem. Soc., 64, 727 (1942); Kratky, O., Sekora, A., J. makromolek. Chem., 1, 113 (1943).

[10]) Hall, C. E., Jakus, M. A. und Schmitt, F. O., J. Am. chem. Soc., 64, 1234 (1942); Wolpers, C., Klin. Wschr., 22, 624 (1943); Schmitt, F. O., J. Am. Leather Chemists Assoc., 39, 430 (1944); Hall, C. E., Jakus, M. A. und Schmitt, F. O., J. Appl. Phys., 16, 459 (1945); Jakus, M. A., J. exp. Zoology, 100, 457 (1945); Wolpers, C., Biochem. Zs., 318, 373 (1948); Die makromolek. Chem., 2, 37 (1948).

[11]) Wolpers, C., Klin. Wschr., 26, 724 (1948).

[12]) Ruska, H. und Wolpers, C., Klin. Wschr., 19, 695 (1940); Wolpers, C., Klin. Wschr., 24/25, 424 (1947).

[13]) de Roberties, E. und Schmitt, F. O., J. of Cellular and Comparative Physiology, 31, 1 (1948).

Die Wirkung des infraroten, sichtbaren und UV-Lichts auf den Sauerstoffverbrauch von Enchyträus albidus.

Mittels eines von uns modifizierten einfachen Krogh-Barcroftschen Spirometers untersuchten wir den minutlichen Sauerstoffverbrauch von Enchyträen vor, während und nach Bestrahlung mit Licht zwischen Infrarot und kurzwelligem UV Letztere Strahlung wurde durch UV-Strahler verschiedener Konstruktionsart (Original Hanauer Höhensonne, Kandem- und Albertuslampen mit verschiedenem Kohleelektrodenmaterial wie eisen- und nickelgedochtete Kohleelektrode) erzeugt. Einzelne Wellenbereiche in dem genannten Bereich wurden durch die Filtergläser der Firma Schott u. Gen., Jena ausgeblendet. Dabei ergaben sich folgende Meßresultate:

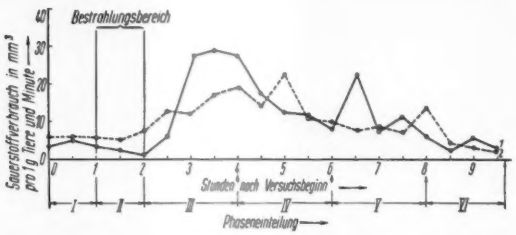
1. Bei Lichtabschluß atmen die Tiere gleichmäßig, d. h. die einzelnen O_2-Verbrauchsmeßwerte liegen innerhalb der methodisch bedingten Fehlerbreite.

2. Die Atmung dieser sogenannten „Dunkeltiere" steigt mit der Erhöhung der Milieutemperatur an. Der RGT-Faktor beträgt zwischen 18 und 28° C ungefähr 2,4. Oberhalb 28° C setzen langfristige Temperaturschädigungen ein, die sich mit Erhöhung der Versuchstemperatur immer stärker und schneller manifestieren und sich am Absinken des O_2-Verbrauchs erkennen lassen.

3. „Dunkel"- und „Helltiere" (auf dem Balkon im Licht gezüchtete Enchyträen) zeigen, daß der Atmungsmodus der Tiere lichtabhängig ist. Diese Abhängigkeit dokumentiert sich graphisch als Amplitudenvergrößerung der Meßkurve bei erhaltenem Mittelwert.

4. Die mathematisch-statistische Auswertung der Atmungskurven im Wellenbereich zwischen 4000 und 8000 Å zeigt, daß Grünlicht auf die Tiere einen sinnesphysiologischen Reiz ausübt. Im Rot- und Blaulicht atmen die Tiere normal. Die Grünlichtatmung führt nicht zur Änderung des durchschnittlichen O_2-Verbrauches, sondern lediglich zu größeren Schwankungen der Meßwerte um die normale Mittellage. Die Atmung dekapitierter Enchyträen (ungefähr $^1/_3$ der Tiere vom Kopfende ist entfernt) gleicht der unbelichteter Tiere. Besondere grünlichtempfindliche Rezeptoren scheinen daher im Kopfteil der Tiere lokalisiert zu sein. Das Licht des violetten Teils des Spektrums beeinflußt die Atmung der Tiere im Sinne einer geringen, aber mathematisch gesicherten Erhöhung der Einzelmeßwerte. Dies entspricht der ersten Phase (vgl. Fig.) der UV-Wirkungskurve

5. Im gesamten UV-Bereich konnte eine schädigende Wirkung der UV-Strahlen auf die Tiere beobachtet



Der Sauerstoffverbrauch UV-bestrahlter Enchyträen in Abhängigkeit von der Zeit (UV-Filter: BG 24: Kurve 1 mit Brennerabstand 30 cm und Kurve 2 mit Brennerabstand 50 cm). Einteilung des Kurvenbildes in charakteristische Bereiche.

werden, die makroskopisch und histologisch nachgewiesen wurde und mit ähnlichen Befunden im Schrifttum im Einklang steht.

6. Bei Bestrahlung mit Filter BG 24 ausgeblendetem UV-Licht konnten folgende Änderungen der O_2-Verbrauchsmeßwerte beobachtet werden:

Mit Einsetzen der UV-Bestrahlung konnte zunächst eine initiale Senkung des minutlichen O_2-Verbrauches beobachtet werden (Phase II der Fig.). Im Anschluß daran tritt oft eine erhebliche Steigerung des O_2-Verbrauches über das Ausgangsniveau hinaus ein (Phase III der Fig.). Die Initialsenkung muß daher als eine Art Schockreflex der Tiere angesehen werden. Etwa 3 Stunden post solationem werden die den O_2-Verbrauch bedingenden Stoffwechselvorgänge stationär (Phase III/IV der Fig.). Danach fallen die O_2-Meßwerte meist typisch treppenförmig, manchmal aber auch kritisch ab (vgl. Phase IV u. V. der Phaseneinteilung auf der Fig.). Nach weiteren 4—6 Stunden sind die Meßwerte stark abgefallen und liegen oft erheblich, dem Schädigungsgrad der Tier entsprechend, unter dem Ausgangsniveau. Der Verlauf dieser charakteristischen Meßkurve wird je nach Strahlungsintensität und Bestrahlungsbereich mehr oder weniger stark modifiziert. Insbesondere nähert sich die Meßkurve bei sehr starker UV-Intensität sehr schnell asymptotisch der Abszisse. Prinzipiell das gleiche Ergebnis wurde erhalten, wenn die Meßkurve bei höheren Temperaturen (30—40° C) aufgenommen wurde.

7. Die intensivste UV-Lichtwirkung auf den O_2-Verbrauch der Tiere erzielten wir bei Filterung des Lichtes mit UG 1, BG 1, UG 5 und BG 24, deren optimale Durchlässigkeit im Grenzgebiet von UVB und UVC liegt.

8. Unter Verwendung weiterer Filtergläser wie GG 3, GG 8, RG 7 und RG 10 ließ sich par exclusionem nachweisen, daß Infrarotlicht unter unseren Versuchsbedingungen keinen Einfluß auf die O_2-Atmung der Enchyträen hat.

Eine eingehende Darstellung der Untersuchungsmethoden, der Ergebnisse und deren Diskussion auf allgemein-strahlenbiologischer Grundlage wird an anderer Stelle erfolgen.

Aus der Hautklinik der Westf. Landesuniversität Münster i. W. (Direktor: Prof. Dr. C. Moncorps) und aus dem Zoologischen Institut der Westf. Landesuniversität Münster i. W. (Direktor: Prof. Dr. B. Rensch).

E. H. Graul und F. Krüger.

Eingegangen am 23. Mai 1949.

[1]) Caspari, W., Biologische Grundlagen der Strahlentherapie, Theodor Steinkopf, Dresden 1922.
[2]) Friedrich, W., Radiotherapia e Fiscia Medica, **6**, H. 8, 1—9 (1940).
[3]) Graul, E. H., Strahlenth. **78**, 257 (1949).
[4]) Graul, E. H., Strahlenth. **76**, H. 3, 472—479 (1946).
[5]) Liechti, A., Strahlenth. **33**, 1 (1929).
[6]) Merker, E., Verh. X. Intern. Zool.-Kongr., Budapest (1927, erschienen 1929).
[7]) Derselbe, Zool. Jahrb. Zool. u. Physiol. 42 (1926).
[8]) Packard, G., Quaterly Rev. Biol. **6**, 253 (1931).
[9]) Schreiber, H., Strahlenth. **76**, H. 1, 1—11 (1946).
[10]) Unteutsch, W., Zool. Jb. Zool. u. Physiol. d. Tiere **58**, 111 (1937/38).

Besprechungen.

Newcomb-Engelmann, **Populäre Astronomie,** 8., völlig umgearbeitete Auflage. Herausgegeben von Prof. Dr. W. Becker, Hamburg, Prof. Dr. R. Müller, Wendelstein, und Dr. H. Schneller, Sonneberg. X 1017 S. m. 410 Abb. i. T., Gr. 8°, geb. 36 DM. Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1948.

Die seit langem erwartete Neuauflage des Newcomb-Engelmann ist nach Überwindung großer Schwierigkeiten im Jahr 1948 bei Barth in Leipzig erschienen. Die vorliegende 8. Auflage folgt in einem Abstand von 25 Jahren auf die 7. Auflage. In diesen 25 Jahren haben Astronomie und Astrophysik eine rasche Entwicklung erfahren. Ein Vergleich der 7. und 8. Auflage ist in dieser Beziehung sehr eindrucksvoll. Der überwiegende Teil der 8. Auflage ist dementsprechend völlig neu bearbeitet worden. Das Werk gliedert sich in vier Teile, in denen die geschichtliche Entwicklung unserer Vorstellung vom Bau des Planetensystems, die praktische Astronomie, das Sonnensystem und die Stellarastronomie behandelt werden. Es wendet sich — wie im Vorwort vermerkt wird — an naturwissenschaftlich gebildete Laien, an Naturforscher anderer Wissensgebiete und an Fachastronomen, denen es als Nachschlagewerk und bei der Vorbereitung populärer Vorträge und Aufsätze nützlich sein kann.

Es dürfte schwer sein, allen diesen Anforderungen auf einmal gerecht zu werden. Und in der Tat ist dies auch nicht ganz gelungen. So hat sich der eine Mitarbeiter mehr auf den einen, der andere mehr auf einen anderen Leserkreis eingestellt. Der neue Newcomb-Engelmann weist dadurch leider nicht mehr die geschlossene und einheitliche Darstellung der älteren

Auflagen auf. Die Neuauflage zerfällt teilweise in Einzelbeiträge von Spezialisten, die als Einzelbeiträge sehr gut sind, wie z. B. der Beitrag über Sternatmosphären oder derjenige über Sternaufbau, die aber, verglichen mit anderen Teilen, zu weitgehende physikalische Kenntnisse voraussetzen. Oder umgekehrt, wenn z. B. das Problem der „Temperatur" einer Sternatmosphäre, der Starkeffekt und die Stoßdämpfung in ihrer Wirkung auf die Kontur einer Fraunhoferlinie (S. 575 f) behandelt werden, so wirken dagegen die Ausführungen über das kontinuierliche Spektrum der Sterne (S. 205 f, S. 537 f) doch etwas zu „populär". Diese den Herausgebern nicht ganz geglückte Vereinheitlichung macht sich auch äußerlich z. B. in Quellenhinweisen für die Abbildungen bemerkbar. Während z. B. in dem Kapitel über die Sonne so gut wie alle Quellenhinweise fehlen, zeichnet sich das Kapitel über veränderliche Sterne durch ziemlich vollständige Quellenhinweise aus. Dem Referenten sind außerdem einige Stellen aufgefallen, die zu Mißverständnissen Anlaß geben können. So wird bei der Behandlung des kontinuierlichen Spektrums der Sterne wiederholt auf Beobachtungen bei festen und flüssigen Körpern Bezug genommen. Der Leser erfährt dann aber nur beiläufig auf S. 546, daß die Sterne „Gebilde komplizierten Aufbaus" sind (also offenbar weder feste noch flüssige Körper darstellen), und daß der Begriff der „Oberflächentemperatur" nicht wörtlich zu nehmen sei. Ein Hinweis auf das Kapitel über Sternaufbau würde an dieser Stelle nicht viel nützen. Denn bei den Lesern, die den Ausführungen über den physikalischen Zustand des Sterninnern (S. 892 f) zu folgen vermögen, ist sowieso kein Mißverständnis zu befürchten. Weiter liest man z. B. auf S. 303: „Die Betrachtung der wirbelartigen Bewegung der Sonnenmaterie um Flecke läßt dort von vornherein das Vorhandensein von Magnetfeldern erwarten, die überall auftreten müssen, wo elektrisch nicht kompensierte geladene Teilchen bewegt werden. Daß die magnetische Untersuchung der Flecke durch das Studium der Linienaufspaltung in ihren Spektren diese Erwartung tatsächlich bestätigt, haben wir schon früher gesehen." Hier kann das Mißverständnis entstehen, als ob die auf Spektroheliogrammen beobachtete Wirbelbewegung etwas mit der Entstehung der Magnetfelder zu tun hätte, während wir aus den Untersuchungen von Hale und Richardson wissen, daß die beobachteten Wirbelbewegungen rein hydrodynamischer Art sind. Auf S. 562 findet sich der Satz: „Abgesehen von der Sonne, deren Masse mit äußerster Präzision aus der Planetenbewegung folgt, und deren Durchmesser aus direkten Beobachtungen mit gleichwertiger Genauigkeit bekannt ist, bieten sich leider nur wenige Möglichkeiten, um zu befriedigenden Kenntnissen über die durchschnittlichen Dichten von Fixsternen zu gelangen." Aus der Planetenbewegung folgen aber natürlich nur relative Massen. Zur Bestimmung einer absoluten Masse ist, was hätte gesagt werden müssen, die Messung der Gravitationskonstanten durch irdische Experimente erforderlich. Es sei in diesem Zusammenhang noch ein Wort über den Anhang A „Elemente und Dimensionen der Körper des Sonnensystems" hinzugefügt. Es scheint mir unzweckmäßig, im Newcomb-Engelmann die Elemente der großen Planeten auf eine so große Zahl von Stellen zu geben, daß (nicht nur bei der mittleren Länge!) hinzugefügt werden müßte: mit dieser Genauigkeit gelten sie nur für 1948 Januar $0{,}0^h$ Weltzeit. Außerdem ist es mehr als ein Schönheitsfehler, wenn die erste Zahl des Anhangs A, und dazu noch eine so wichtige Größe wie die Äquatorial-Horizontal-Parallaxe der Sonne, durch einen Druckfehler entstellt ist, der auch in der dem Buch beigegebenen Liste von Verbesserungen und Ergänzungen nicht berichtigt ist. Dies sind störende Einzelheiten, die leider den Eindruck hinterlassen, daß die neue Auflage nicht mehr die Zuverlässigkeit der alten erreicht.

Es wäre jedoch unbillig, zu verschweigen, daß die vorliegende Neuauflage unter ganz besonders schwierigen Verhältnissen zustande gekommen ist, und daß sie trotz dieser Schwierigkeiten den Lesern eine Fülle von Stoff und Anregung bietet. Man möchte trotz der genannten Mängel dem umfassenden Werk eine weite Verbreitung wünschen. Denn es besteht auch in Astronomenkreisen ein ausgesprochenes Bedürfnis nach einem derartigen Buch, dem im deutschen Schrifttum nichts Gleichwertiges zur Seite gestellt werden kann. Einer künftigen 9. Auflage wird es nach Ansicht des Referenten vorbehalten bleiben, die vorliegende Auflage im Sinne einer Vereinheitlichung zu überarbeiten, so daß der Inhalt mehr dem Titel einer „Populären Astronomie", die sich an den naturwissenschaftlich gebildeten Laien — oder jedenfalls an einen einheitlichen Leserkreis — wendet, entspricht. Da die 8. Auflage in großen Teilen bereits 1941 abgeschlossen war, ist zu wünschen, daß bis zur 9. Auflage nicht allzuviel Zeit verstreicht.

P. ten Bruggencate.
Sternwarte Göttingen.

Eingegangen am 21. Juni 1949.

Krieg, H., **Zwischen Anden und Atlantik** — Reisen eines Biologen in Südamerika. Mit 347 Handzeichnungen, 67 Lichtbildern und 4 mehrfarbigen Tafeln nach Aquarellen des Verfassers. (492 S.) Verlag C. Hanser, München 1948.

Das neue umfangreiche Reisewerk Kriegs schließt sich in Form und Inhalt eng an sein Patagonienbuch („Als Zoologe in Steppen und Wäldern Patagoniens"; I. F. Lehmanns Verlag, München-Berlin 1940) an. Es gibt einen Überblick über seine sämtlichen Reisen in Südamerika, insgesamt vier an der Zahl, und ihre wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnisse in einer umfassenden Gesamtschau, welche die Fülle der Einzelheiten unter einem gemeinsamen Blickwinkel zu sehen bestrebt ist. Das Manuskript des Buches lag bereits 1939 abgeschlossen vor; der Krieg hat die Drucklegung verzögert.

Der Inhalt des Buches ist ausgesprochen ökologisch, wenn auch das Wort „Ökologie" darin auffallend wenig gebraucht wird, eine Ökologie der Länder zwischen Anden und Atlantik, in denen sich Krieg von 1922 bis 1938 insgesamt 8 Jahre lang aufgehalten hat. Der rote Faden, der sich durch die Darstellung zieht, ist die Frage nach dem gestaltenden Einfluß des Lebensraumes auf die ihn bervölkernden Lebewesen, vor allem die Tiere. Von diesen stehen entsprechend der Großräumigkeit der Arbeiten die Großraumtiere, wenn man so sagen darf, d. h. die Wirbeltiere — mit Ausnahme der Fische — durchaus im Vordergrund der Betrachtung. Die Darstellung folgt konsequent der ökologischen Stufenfolge, d. h. sie geht aus von dem Standort (Boden und Klima) als dem Träger und Gestalter der jeweiligen Vegetationsform, von der letzlich wieder die Tierwelt abhängig ist. Darüber hinaus wird aber auch der Mensch, besonders der Eingeborene, und schließlich auch das Haustier in dieses System eingegliedert, wobei sich sogar besonders interessante Gesichtspunkte ergeben, gleichzeitig aber auch wieder einmal ganz generell die umfassende Bedeutung der Ökologie als Dachdisziplin in der Biologie zum Ausdruck kommt. Man ist immer wieder überrascht, wie gut Krieg über Boden, Klima und Pflanzenwelt der beschriebenen Gebiete Bescheid weiß, und in der Betonung der Bedeutung dieser Faktoren für die Ausformung der Tierwelt liegt der wesentliche Wert des Buches. Immer wieder drängt sich dabei der Gegensatz zwischen humidem und arridem Landschaftstyp auf, zwischen Wald und Steppe mit ihren so verschiedenartigen Ansprüchen, die sie an die Pflanzen- und Tierwelt stellen.

Die Darstellung ist damit synökologisch, d. h. nicht die Spezies steht im Mittelpunkt, sondern die Fauna, also die Gesamtheit der tierischen Mitglieder einer Lebensgemeinschaft, deren Anpassung an die Umwelt ihr den einheitlichen Charakter verleiht, der ihrem gemeinsamen Lebensraum entspricht. Selbstverständlich drängt sich dabei immer wieder die Frage nach den Ursachen der Anpassung auf, nach dem Weg, auf dem sich der gestaltende Einfluß der Umwelt auf die Fauna ausgewirkt hat. Immer wieder wird dabei der Versuch gemacht, „die Beziehungen zwischen Lebe-

wesen und Lebensraum, aber auch gleichzeitig das ruhelos Fließende der Entwicklung und Umgestaltung alles Lebendigen erkennen zu lassen". Dabei sind die Zeugungskraft der Lebensformen einerseits und ihre Fähigkeit, ihr Erbgefüge zu verändern, andererseits die Voraussetzung für diese Umformungen. Damit begibt sich der Verfasser auf das schwierige Gebiet moderner deszendenztheoretischer Betrachtung, auf dem er oftmals eigenartige, ja man möchte sagen eigenwillige, dafür aber um so mehr zum Nachdenken anregende Wege geht, niemals aber ohne dafür überzeugende, wenn auch oft überraschende Beispiele zu bringen.

Eine Würdigung des Kriegschen Buches wäre nur sehr unvollständig, wenn man nicht die Bebilderung erwähnen würde. Krieg hat sein Buch — abgesehen von den photographischen Aufnahmen — ausschließlich mit eigenen Zeichnungen illustriert und ihm dadurch eine ganz eigenartige, ja einzigartige Note verliehen. Seine Bilder charakterisieren ihn, obwohl er sich selbst ausdrücklich als Autodidakt bezeichnet, als ausgesprochenen Künstler, der Feder und Stift genau so vollendet zu handhaben weiß wie den Pinsel. Man weiß nicht, was man mehr bewundern soll, das technische Können und die Sicherheit der Linienführung oder die künstlerische Erfassung des Dargestellten, etwa einer Stimmung oder Bewegung. Am meisten bewundere ich die leicht und scheinbar mühelos hingeworfenen Federzeichnungen. Ob sie nun die hoffnungslose Müdigkeit der Maultiere im abendlichen Lager, den vom Regen durchnäßten und vor Kälte zitternden Ochsenreiter darstellen, den grotesken Gegensatz zwischen asthenischem und herkulischem Negertyp, die Weite einer Landschaft, die Struppigkeit eines Felles oder das Flugbild eines Vogels, immer wieder zeigen sie das Charakteristische in vorbildlicher und einprägsamer Weise. Aber auch die detaillierte Darstellung morphologischer Einzelheiten, etwa die Ausbildung von Hand und Fuß bei den verschiedenen Bewegungstypen, könnte niemals besser wiedergegeben werden als durch den von der Fachkenntnis des Wissenschaftlers gelenkten Zeichenstift des Künstlers. Man kann sich über diesen neuartigen Versuch der Ausgestaltung einer wissenschaftlichen Darstellung gerade auf dem Gebiete der Ökologie, der allerdings nur von ganz wenigen gewagt werden darf, nur freuen.

Kriegs Buch ist weder populär noch wissenschaftlich, obwohl letzteres mehr als ersteres. Zahlreiche Hinweise, allerdings vorwiegend auf seine eigenen Arbeiten und die seiner Schüler, ermöglichen ein tieferes Eindringen in die wissenschaftliche Literatur. Für den Ökologen, den Zoogeographen und Deszendenztheoretiker ist das Buch eine reiche Fundgrube; für den Biologen, der in und über Südamerika zu arbeiten gedenkt, ist es unentbehrlich.

H. Eidmann.

Eingegangen am 16. Mai 1949.

Frankenburg, W. G., Komarewsky, V. I. and Rideal, E. K., **Advances in Catalysis and related Subjects.** Vol. I; XIII und 321 S. Academic Press. Inc., Publishers, New York 1948, Preis 7,80 Dollar.

Der rührige naturwissenschaftliche Verlag Academic Press in New York läßt ein sehr beachtenswertes neues Jahrbuch erscheinen, in welchem regelmäßig über die auf dem Gesamtgebiet der Katalyse (mit Ausnahme der Biokatalyse) erzielten Fortschritte berichtet werden soll. Bereits der vorliegende erste Band enthält eine Fülle interessanter und wichtiger Artikel.

Zunächst behandelt der amerikanische Altmeister der Reaktionskinetik, Hugh S. Taylor, das Thema: „*Heterogenität der Katalysatorenoberflächen bei der chemischen Adsorption*". Der Wert des Artikels beruht hauptsächlich darauf, daß er einen sehr klaren Überblick über die bereits vor etwa 15 Jahren veröffentlichten Arbeiten des Verfassers und seiner Mitarbeiter bietet. Die von ihm aus typischen Versuchsergebnissen gezogene Schlußfolgerung, daß man fast durchweg mit einer Ungleichförmigkeit der Katalysatorenoberfläche gegenüber der chemischen Adsorption zu rechnen habe (auch bei reinen Oberflächen elementarer Metalle), bedarf aber wohl im Hinblick auf neuere Arbeiten anderer Autoren einer gewissen Einschränkung. (Vgl. hierzu die Ausführungen des Referenten in dieser Zeitschrift Bd. **36**, S. 76, insbesondere auch „Zeitschrift für Elektrochemie" Bd. **59**, H. 4.)

V. N. Ipatieff und Louis Schmerling berichten anschließend über die „*Alkylierung von Isoparaffinen*", die zur Erzeugung klopffester Treibstoffe während des zweiten Weltkrieges von größter praktischer Bedeutung wurde. Die Alkylierung erfolgt bei dem hier eingehend behandelten Verfahren auf einer Anlagerung von Olefinen an Hexan und ähnlichen Kohlenwasserstoffen; als Katalysatoren kommen $AlCl_3$, $AlBr_3$ und BF_3 in Frage. Praktisch bewährten sich aber besser Säurekatalysatoren (96—100%ige H_2SO_4 u. dgl.), bei denen die optimale Wirkung bereits bei Raumtemperatur erreicht wird. Der Bericht befaßt sich lediglich mit Laboratoriumsergebnissen, die bereits in chemischen Fachzeitschriften veröffentlicht wurden, nicht aber mit den technischen Produktionsverfahren und dem Inhalt der vorhandenen Patentschriften, deren Gesamtzahl allein in den USA. 750 (!) beträgt.

Die praktische Bedeutung der Umwandlung bestimmter Kohlenwasserstoffe in andere, die speziell für die motorische Verbrennung günstigere Eigenschaften besitzen, wird auch dadurch illustriert, daß ein weiterer von H. Pines verfaßter Aufsatz sich mit einem dem des vorangehenden Artikels nahe verwandten Thema, der *Isomerisation aliphatischer Kohlenwasserstoffe* (Alkane) befaßt; bei welcher sich aber, im Gegensatz zu den dort erhaltenen Ergebnissen, $AlCl_3$ und $AlBr_3$ mit geringen HCl- bzw. HBr-Zusätzen praktisch am besten bewähren.

P. H. Emmet berichtet weiterhin über *Messungen zur Ermittlung der Oberfläche von Kontakten;* das benutzte Verfahren, das auf der Ermittlung des Verlaufs der Adsorptionsisothermen chemisch indifferenter Gase an dem jeweiligen Kontakt beruht, beginnt sich immer mehr einzubürgern, so daß die Mitteilung detaillierter Erfahrungen zahlreichen Fachgenossen willkommen sein wird.

Manches Interessante bietet auch ein Artikel von R. M. Griffith über den *geometrischen Faktor bei der (Kontakt)-Katalyse;* wenn auch der Autor selbst zu dem Ergebnis kommt, „daß das Studium der Geometrie katalytisch wirksamer Oberflächen und der auf ihnen adsorbierten Molekeln sich noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium befindet".

Sehr beachtenswert ist ein von H. H. Storch verfaßter Artikel über den *Fischer-Tropsch-Prozeß und verwandte Verfahren zur Synthese von Kohlenwasserstoffen durch Kohlenoxydhydrierung,* obgleich er, wenigstens bei den deutschen Lesern, keine angenehmen Empfindungen erwecken wird. Denn sein erster Teil enthält im wesentlichen einen recht detaillierten Bericht über das durch die Beschlagnahme der Archive deutscher Industriewerke erhaltene Erfahrungsmaterial, das auf diese Weise der ganzen Welt zur Verfügung gestellt wird, während in Deutschland z. Z. sämtliche nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren arbeitenden Werke zwangsweise demontiert werden. Der zweite Teil des Artikels bringt eine Zusammenstellung der bisherigen Vorstellungen über den Reaktionsmechanismus an Fischer-Tropsch-Kontakten; er stützt sich gleichfalls vorwiegend auf deutsche Arbeiten, insbesondere solche, die von Franz Fischer selbst und seinen Mitarbeitern z. T. bereits vor längerer Zeit veröffentlicht wurden.

Ein ausführlicher Aufsatz von D. D. Eley beschäftigt sich mit der *katalytischen Aktivierung des Wasserstoffs.* Das Thema wird sehr umfassend behandelt; sämtliche Einzelprobleme, die irgendwie mit der katalytischen Aktivierung im Zusammenhang stehen, werden in den Kreis der Betrachtungen einbezogen (u. a. werden die Arbeiten von I. K. Roberts über die Adsorption des Wasserstoffs an Wolfram und den Akkomodationskoeffizienten an gasbedeckten Wolframoberflächen verhältnismäßig eingehend besprochen). Trotzdem vermag die Zusammenstellung nicht allzuviel an wirklich Neuem zu bieten, da die

Zahl der seit 1939 auf dem Gebiete veröffentlichten Arbeiten auffallend gering ist.

In dem letzten Artikel berichten N. H. Jellinek und I. Fankuchen über die *Anwendung der Röntgenstrahlstreuung zum Studium fester Katalysatoren.* Sein Hauptwert besteht in der Schilderung einer Reihe von Einzelheiten der experimentellen Meßtechnik, die großenteils auf eigenen Erfahrungen der Autoren beruhen. Merkwürdigerweise sind die zahlreichen und wichtigen Arbeiten R. Frickes überhaupt nicht erwähnt.

Ein ausführliches Autoren- und Sachregister bilden den Abschluß des wertvollen Bandes.

A. Eucken.

Eingegangen am 9. Mai 1949.

Langenbeck, Wolfgang, **Die organischen Katalysatoren und ihre Beziehungen zu den Fermenten.** Zweite Auflage, 136 Seiten mit 8 Textabbildungen. Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1949.

Seit 1926 beschäftigt sich der Verfasser mit den organischen Katalysatoren, den Fermentmodellen. Die Ergebnisse seiner Arbeit bis zum Jahre 1935 sind in der ersten Auflage des Buches zusammengefaßt. Seitdem haben sich so viel neue experimentelle Ergebnisse und neue theoretische Gesichtspunkte ergeben, daß eine vollständige Umarbeitung notwendig wurde.

Die Einteilung des Stoffes ist trotz des angewachsenen Materials übersichtlicher geworden. Nach der kurzen Einleitung wird ein Überblick über die bisher bekannten Reaktionen mit organischen Katalysatoren gegeben. Dabei nimmt die Hauptvalenzkatalyse gegenüber der organischen Metallkomplexkatalyse den größeren Raum ein. Zu den behandelten hauptvalenzkatalytischen Reaktionen gehören u. a. die Dekarboxylierung von *a*-Ketosäuren, die Knoevenagelschen Aldehydkondensationen und die Formaldehydkondensation. Im Kapitel III wird die Kinetik der Hauptvalenzkatalyse berührt. Das Kapitel IV ist neu geschrieben und befaßt sich mit den Beziehungen zwischen Konstitution und Wirksamkeit der Katalysatoren, einem Thema, zu dem der Verfasser mit seinen „Aktivierungsregeln" einen sehr wesentlichen Beitrag geleistet hat. Im Kapitel V wird die Spezifität der Fermentmodelle behandelt. Der Titel des Buches kehrt im Kapitel VI wieder. Neben den künstlichen Karboxylasen und Parhämatinen sind in den letzten Jahren künstliche Dehydrasen und Esterasen dargestellt worden. Das Kapitel VII bringt eine Übersicht über die technisch brauchbaren organischen Katalysatoren. Unvollständig untersuchte Katalysen und ein kurzer historischer Rückblick schließen den theoretischen Teil des Buches ab. Das letzte Kapitel ist eine Zusammenfassung der in der Praxis bewährten Meß- und Darstellungsverfahren aus dem Gebiet der Hauptvalenz- und Metallkomplexkatalyse. Hier wird nochmal besonders deutlich, wie groß der Anteil des Verfassers an den Arbeiten auf diesem Gebiet ist.

Die Zusammenstellung ist für den Biochemiker ebenso wie für den physiologischen und organischen Chemiker von großem Wert und wird sicher mit Interesse gelesen werden.

E. Dietzel.

Eingegangen am 2. Juni 1949.

Staudinger, Hermann, **Makromolekulare Chemie und Biologie.** 160 Seiten mit 16 Tabellen und 34 Abbildungen im Text und auf 16 Kunstdrucktafeln. In Leinen gebunden SFr. 18,— Wepf u. Co., Verlag, Basel 1947.

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften von synthetischen Makromolekülen sind wegen der großen technischen Bedeutung der „Kunststoffe" in den letzten zwei Jahrzehnten sehr genau untersucht worden. Die Erforschung der natürlichen Makromoleküle z. B. der Proteine dagegen hat die Technik mehr oder weniger der physiologischen Chemie überlassen. Wie der Verfasser im Vorwort sagt, „macht das vorliegende Buch den Versuch, die mit biologischen Fragen sich beschäftigenden Kreise von Wissenschaftlern mit den grundlegenden Ergebnissen der makromolekularen Chemie, wie sie durch Untersuchung von hochpolymeren Stoffen gewonnen wurden, bekanntzumachen, um so diejenigen Resultate auf diesem neuen Gebiet der organischen Chemie darzustellen, die nicht nur für den Chemiker, sondern auch für den Biologen von Interesse sind. Es wendet sich diese Schrift somit auch an die Mediziner und Lehrer der Naturwissenschaften". Das Gelingen dieses Versuches ist das Verdienst des Verfassers, der neben seinen grundlegenden Arbeiten über die synthetischen Hochpolymeren stets die Verbindung zur organischen und physiologischen Chemie aufrechterhalten hat. Soweit naturphilosophische Probleme in der Einleitung und den abschließenden Kapiteln berührt werden, hält sich der Verfasser im Rahmen der Anschauungen von P. Jordan und E. Schrödinger. Das Buch wird von allen naturwissenschaftlich Interessierten mit Gewinn gelesen werden.

Von den insgesamt 22 Kapiteln sollen die interessantesten hier angeführt werden: Kap. II: Grenzen zwischen makromolekularen und niedermolekularen Verbindungen, Kap. V: Physikalisches und chemisches Molekulargewicht von Proteinen, Kap. VI: Die synthetischen makromolekularen Stoffe, Kap. VII: Über die makromolekularen Naturprodukte, Kap. IX: Identifizierung makromolekularer Stoffe, Kap. X: Konstitutionsaufklärung der makromolekularen Verbindungen, Kap. XI: Über die Form der Makromoleküle, Kap. XII, XIII und XIV: Viskositätsprobleme, Kap. XV: Über die Quellung makromolekularer Stoffe, Kap. XX: Übermolekulare Strukturen.

Hervorzuheben bleiben neben der soliden Ausstattung des Buches die zahlreichen ausgezeichneten licht- und elektronenmikroskopischen Aufnahmen.

E. Dietzel.

Eingegangen am 16. Juni 1949.

von Bertalanffy, Ludwig, **Das biologische Weltbild.** Band I. **Die Stellung des Lebens in Natur und Wissenschaft.** 202 Seiten. A. Francke AG., Verlag, Bern 1949.

Seit 1926 will der Verfasser durch seine „organismische Auffassung" einer „biologischen Neuorientierung" Ausdruck verleihen. Wie hoch er seinen eigenen Anteil an dieser neuen Konzeption ermißt, ergibt sich nicht nur aus dem Text, sondern auch schon aus dem Literaturverzeichnis, nach dem der Leser den Eindruck gewinnen muß, die philosophische und biologische Arbeit Bertalanffys habe das Grundgerüst für *das biologische Weltbild* geliefert.

Worin besteht nun der neue Weg? Der Vitalismus wird als falsch, der Mechanismus als unzureichend angesehen; die „organismische Auffassung" soll jene beiden klassischen Lehren überwinden. „Das bisherige biologische Forschen und Denken war durch drei Leitprinzipien bestimmt, die wir als die der analytisch-summativen, maschinen- und reaktionstheoretischen Auffassung bezeichnen können." So etwa die „klassische Zellentheorie"; sie „betrachtete die Zelle als Elementareinheit des Lebens... Daher erschien morphologisch ein vielzelliger Organismus als Aggregat solcher Bausteine; physiologisch trachtete man, das Geschehen im Gesamtorganismus in die Leistungen seiner Zellen aufzulösen". Die Analyse der Einzelteile und -vorgänge im Lebendigen ist notwendig, aber nicht hinreichend. Aus dieser (in der Tat) „selbstverständlich erscheinenden Feststellung folgen bereits die Grenzen der analytisch-summativen Betrachtungsweise". Denn es „hängt jeder Einzelteil und jedes Einzelgeschehnis ... in mehr oder weniger weitem Umfang vom *Ganzen*, von übergeordneten Einheiten ab, in die sie eingebettet sind. Daher ist das Verhalten eines isolierten Teiles im allgemeinen ein anderes, als er im Zusammenhang des Ganzen zeigt". Schließlich werden „die Leitsätze einer organismischen Auffassung" zusammengefaßt: „Ganzheitliche Systemauffassung gegenüber der analytisch-summativen; dynamische Auffassung gegenüber der statischen und maschinellen; Betrachtung des Organismus als einer

primären Aktivität gegenüber der Auffassung von seiner primären Reaktivität."

Kein Zweifel: Bertalanffy hat mit diesen Formulierungen die Ansichten vieler Biologen gut wiedergegeben, und sein Buch enthält wertvolle Hinweise auf moderne biologische Ergebnisse und Diskussionen, die die Richtigkeit seiner Formulierungen demonstrieren.

Aber ist es historisch richtig, daß die Biologie bis vor wenigen Jahrzehnten in einem grundsätzlichen Irrtum befangen war, und dann Bertalanffy „in seiner seit 1926 entwickelten organismischen Auffassung die neue Einstellung zuerst konsequent ... formuliert" hat? Haben denn die Gegner des Vitalismus wirklich generell den Fehler begangen, die analytisch-summative Betrachtungsweise als unausweichliche Alternative der Ablehnung besonderer Lebenskobolde zu betrachten? Lesen wir doch, was ein Begründer jener kritisierten „klassischen Zellentheorie" schrieb. Kein Geringerer als Schleiden hielt schon (vor genau 100 Jahren) in der 3. Auflage seiner berühmten „Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik" einen eigenen Abschnitt über das „Leben der Zelle im Zusammenhang mit andern" für notwendig, denn er wußte: „sobald die Zellen zu Geweben zusammentreten, so zeigen sich auch bestimmte Modifikationen in ihrem Lebensprozeß und diese sind besonders zu betrachten." In der Einleitung zu seinem Buch spricht Schleiden immer wieder von der Wechselwirkung. Seine Ansicht ist gewiß nicht „analytisch-summativ", sein leidenschaftlicher Antivitalismus hindert ihn z. B. nicht, Mulder zu kritisieren, der „nicht bemerkt, daß Zellstoff noch keine Zelle, Blutstoff noch kein Blutkügelchen, Leberstoff keine Leber ist", der den „Unterschied von ... organischem Stoff und der Form der Wechselwirkung im Organismus, dem Leben" übersehe. Schleidens Auffassung ist auch nicht „statisch und maschinell", für ihn ist das Leben vielmehr „ein sich selbst erhaltendes System von bewegenden Kräften", von Kräften, die auf „Erhaltung und Zerstörung" gerichtet sind, und in deren „Spiel sich der Reichtum des Lebens hauptsächlich offenbart". Nicht zufällig hat bereits dieser Mitbegründer der modernen Zellenlehre die „organismische Auffassung" gefordert, denn er hat sein Programm nach gründlichem Studium bei seinem philosophischen Lehrmeister J. F. Fries entworfen; dieser — ein ebenso scharfer Gegner des Vitalismus — wußte schon: „Mögen noch so genau chemisch die verschiedenen Bestandteile einzelner organischer Gebilde und Ausscheidungen ... nachgewiesen werden, der organisch-chemische Prozeß kann losgerissen von der Einheit des ganzen Lebens im Organismus gar nicht einmal als eigener physischer Prozeß gedacht werden... Durch die bloße Zusammensetzung der Teile kann hier niemand das Ganze begreifen." Das könnte Bertalanffy geschrieben haben; aber es steht bei Fries in dessen „Mathematischer Naturphilosophie" aus dem Jahre 1822.

So also war das Fundament, auf dem Schleiden die Zellenlehre errichtete. Gewiß sind späterhin beim Studium der Einzelvorgänge und Einzelteile Wechselwirkung und dynamischer Charakter oft (durchaus nicht immer!) vernachlässigt worden. Das „Organismische" erneut zu betonen, ist zweifellos verdienstvoll; es als neu gefunden zu bezeichnen aber wohl ein Unrecht gegenüber denen, die vor 100 Jahren so viel Neues und Wichtiges für die weitere Forschung zu sagen hatten, daß sie es versäumten, ihrer Lehre einen eigenen Namen zu geben.

Es ist schade, daß der Verfasser sein anregend geschriebenes Buch, das eine gute Beherrschung der biologischen Gegenwartsprobleme und ein gutes biologisches Urteilsvermögen erkennen läßt, ebenso wie seine früheren Schriften mit jenem historischen Irrtum belastet hat. Die Ausführungen über die rein biologischen Fragen, über Keimesentwicklung, Gene, Evolution, Nervenvorgänge usw., wird man trotzdem mit Gewinn lesen.

E. Bünning.

Eingegangen am 13. Mai 1949.

Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Begr. von A. F. W. Schimper, E. Strasburger, F. Noll und H. Schenck. 23. und 24. umgearbeitete Auflage. Bearbeitet von H. Fitting, W. Schumacher, R. Harder und F. Firbas. XII und 640 S., 848 zum Teil farbige Textabb. und 1 farbige Karte. Jena, G. Fischer, 1947.

Beim „Viermännerbuch" bedarf es keiner Empfehlung oder allgemeinen Orientierung: die 53 Jahre seines Bestehens sprechen besser als Worte von seiner Bewährung, seine 24 Auflagen von seiner weiten Verbreitung und allgemeinen Beliebtheit. Gegenüber der 22. Auflage des Jahres 1944 sind tiefgreifende Veränderungen nicht zu verzeichnen. Wie in jener bearbeitete H. Fitting die Morphologie (Zytologie, Histologie und Organographie), W. Schumacher die Physiologie, R. Harder die Systematik der Kryptogamen, F. Firbas die Systematik der Spermatophyten und die Pflanzengeographie. Der Umfang des Buches hat um 20 Seiten, die Figurenzahl um 18 zugenommen. Die eingehende Durchsicht zeigt aber, daß an zahlreichen Stellen kleinere Änderungen vorgenommen wurden. So finden wir im Fittingschen Teil die Ergebnisse von Troll über unifaziale Blätter neu aufgenommen; im physiologischen Teil wurden die Abbildungen des Blutungsversuches, des Trichterversuches zur Photosynthese erneuert, ein Osmometerschema und eine Apparatskizze der konduktometrischen Messung der CO_2-Assimilation nach Holdheide-Huber-Stocker neu aufgenommen. Größere Überarbeitungen des Textes fielen dem Referenten in den Kapiteln über Nährsalzaufnahme und den Chemismus der Photosynthese auf. Sehr zu begrüßen ist, daß ein Abschnitt über den „Kreislauf der Stoffe" neu eingefügt wurde. Im Abschnitt „Formwechsel" bringt Schumacher nunmehr die Genetik konsequenterweise im unmittelbaren Anschluß an die Korrelationen, also die inneren Faktoren der Entwicklung und vor den äußeren Entwicklungsfaktoren. Der Kryptogamenteil von Harder enthält vor allem eine Anzahl neuer Abbildungen: Zygotenkeimung von *Monostroma* nach Moewus, *Polyphagus euglenae*, *Sphagnum*-Spermatozoid, Entwicklung eines Laubmoosarchegons, *Blasia pusilla* (mit irrtümlicher Beschriftung), *Lepidostrobus*-Zapfen im Längsschnitt, Antheridium- und Archegonentwicklung von *Ophioglossum*. Vielleicht würde es der Übersichtlichkeit dienlich sein, wenn auf Seite 367 ein Untertitel „Archegoniatae" eingeschoben wird. So ist es etwas verwirrend, unter der Überschrift „Bryophyta" Figuren und Text zur Gametangienentwicklung von *Ophioglossum* zu finden. Firbas bringt u. a. neu ein Schema des männlichen Synangiums von *Crossotheca* und eine Rekonstruktion der *Cycadeoidea*-Blüte. Das System der *Coniferae* wurde umgestellt. Taxaceae und Podocarpaceae kommen als Familien unsicherer, jedenfalls stark abgleitender Stellung ans Ende, hinter die Araucariaceae, Pinaceae, Taxodiaceae und Cupressaceae, wie es nach der einleuchtenden Deutung des weiblichen Koniferenzapfens durch Florin durchaus logisch ist. Die letzteren Befunde selbst sind übrigens schon seit der 22. Auflage Inhalt des „Lehrbuches". Der Abschnitt „Pflanzengeographie" drängt Gedanken darüber auf, wie es wohl kommen konnte, daß erst in der 20. Auflage (1939), also nicht weniger als 67 Jahre nach Grisebachs „Vegetation der Erde" die Geobotanik als „salonfähig" für ein Lehrbuch über das Gesamtgebiet der wissenschaftlichen Pflanzenkunde angesehen wurde. Diese Tatsache überrascht um so mehr, wenn man bedenkt, daß A. F. W. Schimper zu den Mitarbeitern der ersten fünf Auflagen eben dieses Lehrbuches zählte. Mit um so größerer Freude vermerkt der Leser die treffliche Darstellung durch Firbas, dem es in knapp 30 Seiten gelingt, in wirklich lehrbuchmäßiger Klarheit so überaus vieles zu bringen. Auch die äußere Ausstattung des Werkes ist überraschend wenig berührt von den Schwierigkeiten der Zeit. Ganz ohne Zweifel wird das „Lehrbuch der Botanik" seine praktisch unbestrittene Rolle weiter erfolgreich behaupten.

Bonn. Maximilian Steiner.

Eingegangen am 1. Juni 1949.

Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften

in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete

Herausgegeben von

W. Blaschke / R. Grammel / E. Hopf / F. K. Schmidt / B. L. von der Waerden

---

Es liegen vor:

BAND II: **Theorie und Anwendung der unendlichen Reihen.** Von Dr. KONRAD KNOPP, ord. Professor der Mathematik an der Universität Göttingen.
Vierte Auflage. Mit 14 Textfiguren. XII, 583 Seiten. 1947. DMark 39,60.

BAND XLIX: **Geometrie der Gewebe.** Topologische Fragen der Differentialgeometrie. Von WILHELM BLASCHKE und GERRIT BOL.
Mit 137 Figuren. VIII, 339 Seiten. 1938. DMark 28,50. Gebunden DMark 29,70.

BAND LII: **Formeln und Sätze für die speziellen Funktionen der mathematischen Physik.** Von Dr. WILHELM MAGNUS, Professor der Mathematik an der Universität Göttingen, und Dr. FRITZ OBERHETTINGER, Dozent für Mathematik an der Universität Mainz.
Zweite Auflage. VIII, 230 Seiten. 1948. DMark 24,60.

BAND LIII: **Rechenmethoden der Quantentheorie, dargestellt in Aufgaben und Lösungen.** 1. Teil: Elementare Quantenmechanik. Von Dr. SIEGFRIED FLÜGGE, o. Professor an der Universität Marburg, unter Mitarbeit von Dr. HANS MARSCHALL, Marburg.
Mit 18 Abbildungen. X, 240 Seiten. 1947. DMark 18,-.

BAND LV: **Anwendung der elliptischen Funktionen in Physik und Technik.** Von Dr. FRITZ OBERHETTINGER, Dozent für Mathematik an der Universität Mainz, und Dr. WILHELM MAGNUS, Professor der Mathematik an der Universität Göttingen.
Mit 54 Abbildungen. VII, 126 Seiten. 1949. DMark 15,60. Ganzleinen DMark 18,30.

Im Herbst 1949 erscheinen:

BAND IV: **Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers.** Von E. MADELUNG.
Vierte, berichtigte Auflage. Mit etwa 30 Abbildungen. Etwa 500 Seiten. Etwa DMark 42,-. Gebunden etwa DMark 45,-.

BAND XXVII: **Grundzüge der theoretischen Logik.** Von D. HILBERT † und W. ACKERMANN, Lüdenscheid.
Dritte, verbesserte Auflage. VIII, 154 Seiten. Etwa DMark 14,-.

BAND LVI: **Die Entwicklung der Infinitesimalrechnung.** Eine Einleitung in die Infinitesimalrechnung nach der genetischen Methode. Von OTTO TOEPLITZ. Aus dem Nachlaß herausgegeben von Dr. GOTTFRIED KÖTHE, Professor der Mathematik an der Universität Mainz.
1. Band: Mit etwa 150 Abbildungen. Etwa 220 Seiten. Etwa DMark 18,-.

BAND LVII: **Theoretische Mechanik.** Eine einheitliche Einführung in die gesamte Mechanik. Von Dr. phil. GEORG HAMEL, o. Professor an der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg, o. Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften.
Mit 161 Abbildungen. Etwa 800 Seiten. Etwa DMark 69,-.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Debyeflex Röntgenapparat

für Feinstruktur-Untersuchungen

Aufnahmegeräte

der verschiedensten Art

Rich. Seifert & Co.

Röntgenwerk · Hamburg 13

J.D.MÖLLER WEDEL/HOLST. GMBH.

MESSOPTIK

Linsen, Prismen, Plan- und Planparallel-Platten

HOCHLEISTUNGSSPIEGEL

plan und sphärisch, für Total- und Teilreflexion mit genauen Durchlässigkeitswerten, mechanisch und thermisch fest

KLEINSTSPIEGEL UND KLEINSTPRISMEN

in jeder Ausführung und in Meßoptikqualität

VERGÜTUNG OPTISCHER GLÄSER

KREIS- UND LÄNGS-PRÄZISIONSTEILUNGEN

Glaskreise, Okular- und Objektmikrometer

MESSGERÄTE

Kollimatoren, Dynameter, Gonio-Spektrometer, Spektroskope, Brennweitenmesser, Scheitelbrechweitmesser

Möller Wedel

JDEM SEIT 1864

Lichtelektrisches

Becherglas-Kolorimeter

mit Reagenzglaseinsatz

kurzfristig lieferbar;

ebenso **Photoelemente, Luxmeter** und **Ultra-Relais.**

Dr. B. Lange, Bln.-Zehlendorf,

Hermannstr. 14/18 Tel.: 848122

DR. B. LANGE BERLIN

Die eindeutige Zerlegbarkeit eines Knotens in Primknoten

Von **Horst Schubert,** Heidelberg

(Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. Jahrgang 1949, 3. Abhandlung).

Mit 7 Abbildungen. 50 Seiten. 1949. DMark 2,80.

Springer-Verlag / Berlin · Göttingen · Heidelberg

Integralgleichungen · Einführung in Lehre und Gebrauch

Von Dr. phil. **Georg Hamel,** o. Professor an der Technischen Universität Berlin.

Zweite, berichtigte Auflage. Mit 19 Abbildungen im Text. VIII, 166 Seiten. DMark 15,60

Konforme Abbildung

Von Dipl.-Ing. Dr. phil. **Albert Betz,** Direktor des Max-Planck-Instituts für Strömungsforschung und Professor an der Universität Göttingen.

Mit 276 Bildern. VIII, 359 Seiten. 1948. DMark 36,-.

Kurvenintegrale und Begründung der Funktionentheorie

Von Dr. **Lothar Heffter,** Professor an der Universität Freiburg i. Br.

Mit 7 Textfiguren. IV, 48 Seiten. 1948. DMark 5,40.

Determinanten und Matrizen

Von Dr. **Fritz Neiss,** Professor an der Universität in Berlin.

Dritte, verbesserte Auflage. Mit 1 Abbildung. VII, 111 Seiten. 1948. DMark 6.-.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG